



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DA REGA E DA FERTILIZAÇÃO NAS HORTAS URBANAS DE LISBOA: EXPERIMENTAÇÃO E MODELAÇÃO

**CONTRIBUTOS PARA UMA AGRICULTURA URBANA AMBIENTALMENTE
SUSTENTÁVEL**

Sara Tedesco

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica

Orientador: Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira

Co-orientador: Doutora Teresa Barbosa Eira Leitão de Lobo Ferreira

Júri:

Presidente: Doutora Cristina Maria Moniz Simões de Oliveira, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Teresa Barbosa Eira Leitão de Lobo Ferreira, Investigadora Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

Doutora Ana Luísa Brito dos Santos de Sousa Soares Ló de Almeida, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço, Investigadora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia.

Lisboa, 2013

Àqueles que tornaram possível a concretização deste estudo expresso aqui os meus mais sinceros agradecimentos:

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora, Professora Maria do Rosário Cameira, por tudo o que me ensinou, pelo empenho e ilimitada disponibilidade e paciência. Em particular agradeço a sua empatia, o encorajamento e as energias positivas que sempre me transmitiu e que me motivaram ao longo deste trabalho. Por ter confiado em mim.

À Dr.^a Teresa Leitão do LNEC, pela sua importante coorientação científica, pelo entusiasmo e o contagiante amor pelo conhecimento. Agradeço a disponibilização dos dados de qualidade da água recolhidos ao longo de um ano, a diversas profundidades do solo, na horta do campus do LNEC, no âmbito da Ação COST TU1201 intitulada “Urban Allotment Gardens in European Cities - Future, Challenges and Lessons Learned” e o apoio nos ensaios de caracterização dos solos e águas realizados no laboratório de águas subterrâneas do LNEC para este caso de estudo.

Pelas análises laboratoriais e o fornecimento de informação essencial agradeço:

ao Professor Girão Monteiro do ISA, pela sua simpatia, disponibilidade e “vizinhança” aos alunos e pela disponibilização do Laboratório de Pedologia onde foram realizadas as análises físicas de solo; à Professora Amarilis de Varennes, pela disponibilização dos Laboratórios de Química para a realização das análises de N nos solos e nas águas, no âmbito do CEER; à Dr.^a Maria José Henriques, do LNEC, pela sua preciosa ajuda na realização das análises laboratoriais dos solos do LNEC e pelos ensaios de permeabilidade em colunas de solo; ao Eng. Luís David pela cedência dos dados meteorológicos do LNEC, ao Dr. Tiago Martins pela ajuda no cálculo do volume da recarga anual no campus do LNEC.

Aos hortelões de Lisboa pela confiança que me deram e pela enriquecedora colaboração que permitiu a realização do estudo.

Aos meus colegas e amigos, em particular à Marta Camões pela sua amizade e ajuda incondicional que me acompanhou ao longo destes anos e ao Bruno, pelo conforto da sua presença.

Aos meus pais, à minha irmã e aos meus avós, porque as palavras não bastam, agradeço-lhe “apenas” para me amar assim tanto. À Wanda, por me ouvir desde lá.

Por fim desejo dedicar este trabalho ao ISA, por tudo o que me deu, pelo orgulho de sentir-me, eu também, filha desta grande casa. Grazie.

RESUMO

Neste trabalho estuda-se a problemática dos nitratos de origem agrícola nas Hortas Urbanas de Lisboa, recorrendo à metodologia integrada de experimentação/modelação. Selecionaram-se como casos de estudo as hortas da Ajuda, Granja e LNEC, onde foram caracterizados os solos e as práticas agrícolas. Com o RZWQM modelaram-se os processos da água e azoto.

O modelo calibrado (LNEC) simulou com precisão a evolução do N após dois eventos de fertilização (verão e inverno). Os balanços de água e N evidenciam o potencial de lixiviação na Granja e estimam uma drenagem anual de 261 e 300 mm, contendo 230.3 e 359.8 mg L⁻¹ NO₃⁻ respectivamente. Na Ajuda não há lixiviação significativa, sendo elevado o NO₃-N acumulado em profundidade (324 e 518 kg ha⁻¹).

Identificaram-se, como causas do desequilíbrio dos balanços, regas excessivas com armazenamentos acima da capacidade de campo e a baixa C/N dos compostos elaborados pelos hortelãos, disponibilizando N a taxa superior à absorção cultural. Propõe-se o controlo das regas com tensiómetros e da C/N dos compostos e o fraccionamento da adubação química embora, dada a elevada fertilidade dos solos, os hortelãos devam ser incentivados a não aplicá-la. Sendo grande a variabilidade da gestão agrícola urbana, propõe-se quantificação dos balanços por modelação.

Palavras-Chave: Lixiviação de nitratos, RZWQM, Hortas Urbanas de Lisboa, Rega, Fertilização.

ABSTRACT

This work aims to study the water and nitrogen (N) related processes in several Urban Gardens of Lisbon and to find alternative management practices in order to minimize the N losses. The applied methodology integrates field experiments and modeling. Five allotments were selected as case studies and characterized in terms of soils and agricultural management practices. The water and N related processes were modeled with RZWQM2.

After calibration, RZWQM2 accurately simulated the evolution of the N profiles after the summer and winter fertilization events. The water and N budgets highlight the Granja's soils leaching potential, estimating an annual drainage of 261 mm and 300 mm for each allotment, containing 230.3 and 359.8 mg L⁻¹ NO₃⁻. The Ajuda system does not show significant leaching, but the N accumulated below the root zone is high (324 and 518 Kg N-NO₃ ha⁻¹).

The proposed alternative practices are: control the irrigation frequency by using tensiometers; prepare the organic compost aiming for a C/N within the desired range; fraction the chemical fertilizer applications, or even to discontinue it in the conventional plots due to the adequate soil fertility. Also, given the variability of urban farm management, the quantification of water/N budgets by modeling is suggested.

Keywords: Nitrate leaching, RZWQM, Urban Gardens of Lisbon, Irrigation, Fertilization.

EXTENDED ABSTRACT

In recent decades, the intensification of food production led to the indiscriminate use of N fertilizers and to the incorrect management of the organic waste produced in farms. These production systems led to the contamination of surface and groundwater, threatening not only the environmental sustainability but also the human health. The problem is widely discussed in the bibliography and is subject to European legislation (Directive 80/788) as well as national legislation (Dec No. 235/97 of 3 September).

Since the N transport in the soil is in close association to the water movement, the reduction of leaching involves the implementation of integrated water and fertilizer management practices that, while maintaining high levels of production, reduce the load of nitrogen and the amount of drainage. Field evaluation of all integrated management scenarios is virtually impossible. In addition, the leaching direct measurement is a complex, expensive and disruptive procedure. The alternative is the indirect assessment using a conceptual system model, which makes it possible to quantify the transformations and mass transfers, either for N as for related components such as water, crops and soil organisms. In this work we use the mathematical model Root Zone Water Quality Model (RZWQM2), developed by the USDA-Agricultural Research Service. It simulates the physical, chemical and biological processes responsible for the movement of water, nutrients and pesticides in the root zone (USDA-ARS, 1992b).

The present work aims to study the problem of pollution with nitrates of agricultural origin in the context of the Urban Gardens (HU) of Lisbon. It is intended (i) to characterize the actual agricultural management practices; (ii) to produce water and N budgets for the allotments selected as case studies; (iii) to estimate, by modeling, the quality of the water leaving the root zone into the ground water; (iv) to propose alternative management practices in order to minimize nitrogen losses and which are applicable to the HU cases.

The applied methodology integrates field experiments and modeling. Inquiries were made about the main features of the urban gardens (crop, irrigation and fertilization practices) and about the farmers. The inquiry's data treatment allowed to choose a diverse set of "case studies" that served as a basis for modeling. For these allotments (two in Ajuda and two in Granja), soil and water samples were collected for physical and chemical characterization. A detailed characterization was also performed in terms of agricultural management practices. The water and N related processes were then modeled with RZWQM2. Major processes were soil water movement, crop evapotranspiration, drainage, N transport through the soil profile, leaching, N crop uptake and o.m. mineralization. A process studied with particular detail was the N availability from the different organic composts, according to their C/N.

Another allotment studied was the one in the LNEC campus, but with the specific objective of model calibration for water movement and N transport through the soil profile, since field data regarding N concentrations in the soil solution was available.

The results show that after calibration, RZWQM2 accurately simulated the evolution of the N profiles after the summer and winter fertilization events, so the model can be used as a management tool for this LNEC allotment system. For the Granja's allotments the water and N budgets highlight the soils leaching potential. The Ajuda system does not show significant leaching, but the N accumulated below the root zone is high (324 and 518 Kg N-NO₃ ha⁻¹) and so, high N losses by leaching are expected for the next season.

The RZWQM model allowed not only a detailed analysis of water and N balances in each system, but also led to two important results: (i) nitrogen available per tonne of manure applied, on the basis of C/N, which presents the values of 19.1, 9.2, 20.1 and 20.9 kg ton⁻¹ year⁻¹ for the Granja_Bio gardens, Granja_Conv, Ajuda_Bio and Ajuda_Conv respectively; (ii) the quality of drainage water. Horticultural systems of Granja_Bio and Granja_Conv lost annually, by deep percolation, 261 and 300 mm respectively. This drainage flow presented the mean NO₃⁻ concentration of 230.3 and 359.8 mg L⁻¹ respectively. These values are above the maximum permitted value of 50 mg L⁻¹ of NO₃⁻. Furthermore we must think about the cumulative effect resulting from the application for several years of the same irrigation and fertilization practices. Integrating the results of both models RZWQM and BALSEQ_MOD for the LNEC allotment, the drainage flux reaching the aquifer is estimated to be 133.6 mm, contain a nitrate load of 0.367 kg year⁻¹ for the cultivated area.

We conclude that the implementation of techniques for the reduction of leaching has a special importance in the urban context. The following practices are then proposed:

- (i) Control of leaching in periods of spring/summer: a technical solution of low cost and easy implementation is the use of mechanical tensiometers capable of estimating the opportunity for irrigation, maintaining the soil water content below the field capacity, thus reducing deep drainage;
- (ii) Control of N leaching during autumn/winter: In rainy periods is difficult to control soil moisture due to the random nature of the precipitation. The leaching control depends on the N stored in the profile and available for leaching, which depends on the N applications. We advise the use of simple calculation programs that help to establish the proportions of each organic component aiming for a C/N within the desired range. Also, the farmers should split the chemical fertilizer applications, or even discontinue it for the conventional plots due to the adequate soil fertility levels.
- (iii) Finally, given the variability of urban farm management, the quantification of water/N budgets by modeling is suggested.

ÍNDICE DE TEXTO

Pág.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
CAPÍTULO 2. AGRICULTURA E AMBIENTE	3
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2.2 FORMAS E MECANISMOS DE TRANSFORMAÇÃO DO AZOTO NO SOLO	3
2.3 MOVIMENTO DE NITRATOS NO SOLO	5
2.4 AS PRÁTICAS DE GESTÃO AGRÍCOLA	6
2.4.1 A gestão da fertilização	6
2.4.2 A gestão da rega	8
2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA	9
2.5.1 Impactos nas águas	9
2.5.2 Impacto no ar e nas alterações climáticas	10
2.6 O BALANÇO DE AZOTO NO SOLO	11
CAPÍTULO 3. A AGRICULTURA URBANA	12
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
3.2 CONCEITO E OBJETIVOS	12
3.3 HORTAS URBANAS	14
3.3.1 Definições	14
3.3.2 Modos de produção	15
3.4 AGRICULTURA URBANA SUSTENTÁVEL, BENEFÍCIOS E RISCOS	17
3.5 O PLANEAMENTO URBANO	21
CAPÍTULO 4. AS HORTAS URBANAS DE LISBOA	24
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	24
4.1.1 Caracterização biofísica da cidade de Lisboa	24
4.1.2. Levantamento da área ocupada por hortas urbanas	25
4.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS HORTAS E SELEÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO	26
4.2.1 Realização de inquéritos aos hortelãos	26
4.2.2 Breve caracterização das hortas inquiridas	28
4.2.3 Análise dos inquéritos	30

4.3 OS CASOS DE ESTUDO: HORTAS DA GRANJA, DA AJUDA E DO CAMPUS DO LNEC	36
4.3.1. Materiais e métodos para a parametrização das Hortas casos de estudo	36
4.3.1.1 Recolha de dados meteorológicos e preenchimento de falhas	36
4.3.1.2 Recolha e tratamento de dados relativos ao solo	37
4.3.1.3 Recolha de dados relativos à água de rega.....	38
4.3.1.4.Recolha de dados experimentais nas hortas do LNEC.....	39
4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS HORTAS “CASOS DE ESTUDO”	39
4.4.1 Solos, água e N.....	39
4.4.2 Práticas de gestão: dotações de rega e de fertilização.....	41
4.4.3 Apresentação das hortas “Casos de estudo”	43
CAPÍTULO 5. MODELAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS HORTAS URBANAS	
“CASOS DE ESTUDO”	46
5.1 O MODELO ROOT ZONE WATER QUALITY MODEL. BREVE CARACTERIZAÇÃO.....	46
5.2 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO RZWQM PARA OS CASOS DE ESTUDO	50
5.3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PRÁTICAS ATUAIS DE REGA E FERTILIZAÇÃO.....	52
5.3.1 Hortas do <i>Campus</i> do LNEC.....	53
5.3.2 Horta da Granja Bio	56
5.3.3 Horta da Granja_Conv	59
5.3.4. Horta da Ajuda_Conv.....	63
5.3.5 Horta da Ajuda_Bio.....	66
5.3.6 Análise comparativa.....	69
5.4 IMPLEMENTAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS PARA A REDUÇÃO DA LIXIVIAÇÃO DE NITRATOS NAS HORTAS URBANAS.....	74
CAPÍTULO 6. SÍNTESE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	78
6.1 SÍNTESE.....	78
6.2 CONCLUSÕES.....	78
6.3 RECOMENDAÇÕES	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Transformações entre reservatórios, no ciclo do azoto, no sistema solo planta-atmosfera	5
Figura 2.2 – Potencial para lixiviação do azoto relacionado com o tipo de fertilizante	7
Figura 2.3 – A poluição azotada influenciada pela gestão da água	9
Figura 3.1 – Definições de Agricultura Urbana.	13
Figura 4.1 – Área hortícola em Lisboa.....	25
Figura 4.2 – Projeto de instalação de parques/espços hortícolas em Lisboa.....	26
Figura 4.3 – Localização das hortas sujeitas a inquérito.....	27
Figura 4.4 – Granja_Conv (em cima), Granja_Bio (em baixo)	28
Figura 4.5 – Horta Comunitária do Monte, freguesia de Graça.....	29
Figura 4.6 – Horta da Ajuda_Conv (à esquerda) e a componente avícola na Ajuda_Conv (à direita)	30
Figura 4.7 – Parcelas hortícolas na Ajuda_3 (à esquerda) e bananeiras instaladas junto dos prédios ao redor da horta (à direita)	30
Figura 4.8 – Ocupação dos hortelãos.....	32
Figura 4.9 – Motivação para exploração da Horta	32
Figura 4.10 – Modo de produção nas Hortas.....	32
Figura 4.11 – Gestão dos resíduos culturais	32
Figura 4.12 – Técnicas de gestão da rega aplicadas nas hortas: à esquerda um deposito de recolha de água da chuva, no centro um jarro enterrado contendo água e à direita a rega gota-a-gota	33
Figura 4.13 – Mina utilizada para rega nas Hortas de Ajuda_Bio e Ajuda_Conv	33
Figura 4.14 – Granja Conv: mina (em cima) e um dos poços (em baixo)	34
Figura 4.15 – Frequência de rega semanal, por estação, aplicadas em Granja e Ajuda, nas duas modalidades de produção.....	34
Figura 4.16 – Origem do composto aplicado nas hortas inquiridas.....	35
Figura 4.17 – Compostor na Horta Comunitária do Monte (à esquerda), compostagem numa das parcelas de Granja_Conv (à direita)	36

Figura 4.18 – Cápsulas porosas para recolha da solução do solo. LNEC	39
Figura 4.19 – Propriedades hidrodinâmicas dos solos das Hortas Casos de Estudo.....	40
Figura 4.20 – Dotações semanais de rega nas hortas “caso de estudo” e comparação com valores semanais de ET0	42
Figura 4.21 – Localização do campus do LNEC (à esquerda), fotografia da área hortícola do Campus do LNEC (ao centro); culturas instaladas na parcela TL (à direita)	45
Figura 4.22 - Síntese da informação disponível sobre a qualidade da água de rega no <i>campus</i> do LNEC.	45
Figura 5.1 – Sequencia de cálculo utilizada no modelo RZWQM2	46
Figura 5.2 – Decomposição da matéria orgânica no modelo RZWQM2	50
Figura 5.3 – Propriedades hidrodinâmicas do solo (LNEC_TL) após calibração.....	54
Figura 5.4 – Perfis de armazenamento de N-NO ₃ no solo observados e simulados com o modelo RZWQM2 após calibração dos parâmetros hidrodinâmicos.	55
Figura 5.5 – Evolução temporal do armazenamento de N-NO ₃ observado e simulado na fase de validação do modelo.....	55
Figura 5.6 - Culturas instaladas na Horta Granja_Bio.....	56
Figura 5.7 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Bio.....	56
Figura 5.8 – Resultados do balanço de N, dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Bio (a seta representa a estrumação)	58
Figura 5.9 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Conv	59
Figura 5.10 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Conv	60
Figura 5.11 – Resultados do balanço de N dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Conv	61
Figura 5.12 – Cultura instaladas e principais parâmetros na horta Ajuda_Conv	63
Figura 5.13 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda Conv	63
Figura 5.14 – Resultados do balanço de N dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda Conv	65

Figura 5.15 – Fluxo de nitratos aos 60 cm de profundidade	66
Figura 5.16 – Culturas instaladas e principais parâmetros na horta Ajuda_Bio	66
Figura 5.17 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda Bio	67
Figura 5.18 – Balanço de N dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda_Bio.....	68
Figura 5.19 – Distribuição das entradas de água (Rega + Precipitação) no sistema pelas diferentes saídas (Escoamento Superficial, Drenagem, Evapotranspiração, e Armazenamento)	71
Figura 5.20 – Importância de cada saída de N do sistema (Lixiviação, Escoamento Superficial, Absorção Radical e Perdas Gasosas) em percentagem do total de saídas, para as quatro Hortas em estudo.....	71
Figura 5.21 – Área hortícola do <i>campus</i> do LNEC.....	73
Figura 5.22 – Tensiómetro instalado numa cultura	75

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 4.1 - Regressões simples obtidas para cada uma das variáveis meteorológicas	37
Quadro 4.2 – Resultados relativos ao N no solo e na água de rega	39
Quadro 4.3 – Propriedades físicas dos solos	40
Quadro 4.4 – Características dos compostos da fertilização orgânica na Ajuda_Conv.....	42
Quadro 5.1 – Parâmetros culturais para as Hortas “casos de estudo”	51
Quadro 5.2 – Parametrização dos solos das Hortas “casos de estudo”	52
Quadro 5.3 – Parâmetros relativos à estrumação nas Hortas “casos de estudo”	52
Quadro 5.4 – Parâmetros relativos à fertilização química nas Hortas “casos de estudo”	52
Quadro 5.5 – Parâmetros relativos à rega nas Hortas “casos de estudo”	52
Quadro 5.6 - Calibração dos coeficientes que regem a repartição e transformação da m.o	53
Quadro 5.7 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Granja Bio.....	57
Quadro 5.8 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Granja Bio. Todos os termos em kg ha ⁻¹	59
Quadro 5.9 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Granja_Conv .	61
Quadro 5.10 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Granja Conv.....	62
Quadro 5.11 – Balanço hídrico até aos 100 cm para o sistema Ajuda_Conv.....	64
Quadro 5.12 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Ajuda_Conv	66
Quadro 5.13 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Ajuda_Bio	68
Quadro 5.14 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Ajuda_Bio	69
Quadro 5.15 - Quantidade de NO ₃ ⁻ na água de drenagem, aos 100 cm de profundidade.....	72
Quadro 5.16 - Quantidade de N-NO ₃ na camada abaixo da zona radical. Hortas da Ajuda.....	72
Quadro 5.17 – Balanço do N da parcela LNEC_TL para o período de 31/05/12 a 6/07/12	73
Quadro 5.18 – Balanço do N da parcela LNEC_TL para o período de 29/09/12 a 9/02/13	73
Quadro 5.19 – Guia para a utilização de tensiómetros para condução da rega.....	76

ÍNDICE DOS ANEXOS

ANEXO 1. CARTOGRAFIA DA CIDADE DE LISBOA

ANEXO 2. INQUÉRITO AOS AGRICULTORES DAS HORTAS URBANAS DE LISBOA

ANEXO 3. REGRAS DE ACESSO E DE UTILIZAÇÃO NAS HORTAS URBANAS DE LISBOA

ANEXO 4. MÉTODOS UTILIZADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA NAS HORTAS DO
CAMPUS DO LNEC E RESULTADOS OBTIDOS

ANEXO 5. CÁLCULOS DA REGA E DA FERTILIZAÇÃO NAS HORTAS CASOS DE ESTUDO

ANEXO 6. MINERALIZAÇÃO E IMOBILIZAÇÃO DOS DIFERENTES ESTRUMES APLICADOS NAS HORTAS
CASOS DE ESTUDO

ANEXO 7. LISTA DAS CULTURAS SIMULADAS NO RZWQM2

ANEXO 8. DADOS OBSERVADOS DE NO_3^- NA SOLUÇÃO DO SOLO DO *CAMPUS* DO LNEC

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Nas últimas décadas, a intensificação da produção de alimentos conduziu à utilização desregrada de adubos e à gestão incorreta dos resíduos orgânicos produzidos nas explorações pecuárias. Este sistema de produção levou à contaminação difusa das águas superficiais e subterrâneas, ameaçando não apenas a sustentabilidade ambiental mas também a saúde humana. A problemática está amplamente discutida na bibliografia e é objeto de legislação a nível europeu (Diretiva n.º 91/676/CEE, do Conselho, de 12/12) e nacional (Decreto-Lei n.º 235/97, de 3/09 e Decreto-Lei n.º 68/99, de 11/03).

As causas potenciais de contaminação não dizem respeito apenas à aplicação de fertilizantes químicos, mas também à fertilização orgânica. Dado que o movimento do N no solo está estreitamente ligado ao movimento da água, a redução da lixiviação passa pela implementação de práticas de gestão integrada da água e da fertilização que, mantendo elevados níveis de produção, reduzam a carga de azoto na forma solúvel presente no solo (principalmente nitrato) e a quantidade de drenagem de água. De acordo com Hillel (1980) a prática da agricultura sustentável requer o conhecimento do balanço hídrico do solo na zona radical, sendo este conhecimento indispensável para uma boa gestão da água e da fertilização.

A avaliação de campo de todos os cenários de gestão integrada de água e fertilizantes é praticamente impossível. Para além disso, a medição direta da lixiviação é um procedimento complexo, caro e perturbador do sistema em medição. As alternativas são as avaliações indiretas com recurso a um modelo conceptual do sistema, que permita quantificar as transformações e transferências de massa, quer do próprio N, quer de outros componentes que o influenciam, como a água, as culturas e os organismos do solo. Neste trabalho utiliza-se o modelo matemático de simulação Root Zone Water Quality Model (RZWQM2), desenvolvido pelo USDA- Agricultural Research Service. O modelo simula os processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pelo movimento da água, nutrientes e pesticidas através da zona radicular de uma parcela agrícola (USDA-ARS, 1992b) e foi já utilizado com sucesso em Portugal em diferentes situações tais como balanço de água e N em sistemas de produção de cereais em dois tipos de solos no Ribatejo (Cameira *et al.*, 2005, 2007), movimento de pesticidas no solo na cultura do milho (Azevedo *et al.*, 2000), balanços de água e azoto na zona vulnerável do Tejo (Sousa *et al.*, 2009) e na Zona vulnerável de Esposende (Agostinho, 2006).

Num momento em que a Agricultura Urbana (AU) na sua variante de Hortas Urbanas (HU) estão na ordem do dia, a problemática da poluição por nitratos de origem agrícola assume uma nova e preocupante relevância, considerando que é em contexto urbano que reside

cerca de metade da população mundial (UNDP, 2010). De acordo com Bittencourt (2009), no caso da produção de vegetais o problema da lixiviação dos nitratos aplicados por fertilizantes é mais sério devido a proximidade das áreas urbanas, existindo o risco de contaminação da água para consumo humano. Em Portugal existem diversos dados que quantificam este problema à escala regional, nomeadamente a declaração das nove regiões vulneráveis definidas na Portaria n.º 164/2010, de 16 de março, onde as concentrações de NO_3^- nas águas subterrâneas ultrapassam o valor máximo admissível para consumo humano, e Planos de Gestão de Região Hidrográfica (Lobo-Ferreira *et al.* 2011), bem como em numerosos outros estudos (e.g. Cameira, 1999; Leitão *et al.* 2009).

Em Portugal as HU são um fenómeno cada vez mais evidente, chamando a atenção não apenas de moradores que, por várias razões, querem tornar-se hortelões, mas também das notícias, da política urbana e da investigação científica. A sua natureza muito variada tornou-as um tema de estudo relevante sob a perspetiva urbana, a social e a ecológica. Saraiva (2011) apresenta um estudo sobre as HU do Concelho de Oeiras, sob o ponto de vista do ordenamento do território. Howorth (2011) estudou a produtividade dos solos de algumas hortas da cidade de Lisboa. No entanto, muito pouco foi estudado sobre o impacto das práticas agrícolas das HU no ambiente, sendo esta frequentemente apresentada como um caso evidente de sustentabilidade associada a uma escolha “ecológica”.

É objetivo deste trabalho o estudo da problemática de poluição com nitratos de origem agrícola no contexto das HU de Lisboa. Pretende-se: i) caracterizar as práticas de gestão agrícola utilizadas atualmente nas HU de Lisboa; ii) quantificar, com recurso à modelação, os balanços da água e azoto para as Hortas “casos de estudo”; iii) estimar a qualidade da água de drenagem; iv) propor práticas alternativas de gestão da rega e da fertilização que minimizem as perdas de azoto e que sejam aplicáveis aos casos das HU.

A dissertação está organizada em seis capítulos. No primeiro apresenta-se o problema da poluição por nitratos de origem agrícola evidenciando a sua relevância atual em contexto urbano e são apresentados os objetivos e a estruturação do trabalho. O capítulo dois descreve a dinâmica do N na perspetiva da contaminação do solo e das águas por nitratos. O capítulo três caracteriza a AU sob o ponto de vista dos modos de produção, sua inserção no planeamento urbano e principais benefícios e riscos a ela associados. O capítulo quatro descreve as metodologias experimentais utilizadas para caracterizar as HU e em particular as Hortas Casos de Estudo. O capítulo cinco incide sobre a modelação dos casos de estudo, com quantificação dos balanços de água e de N e estimativa da qualidade da água de drenagem. Sugerem-se opções de gestão de rega e fertilização alternativas que se crê terem impactos positivos na lixiviação de nitratos. No capítulo seis faz-se uma discussão dos resultados obtidos e apresentam-se as conclusões do trabalho.

CAPÍTULO 2. AGRICULTURA E AMBIENTE

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Neste Capítulo apresenta-se, de um modo geral, a dinâmica do azoto no solo em relação direta com a agricultura e as práticas a ela associadas. Na dinâmica do azoto têm importância a absorção pelas plantas, as transformações químicas entre as diferentes formas e o processo físico de transporte da forma nítrica através do perfil do solo (Cameira, 1999). A importância relativa dos diferentes processos é influenciada pelas práticas agrícolas, nomeadamente a rega e a fertilização (Pereira e Santos, 1991).

2.2 FORMAS E MECANISMOS DE TRANSFORMAÇÃO DO AZOTO NO SOLO

O azoto (N) é o nutriente que mais limita o crescimento vegetal, podendo estar presente no solo na forma orgânica (cerca de 95 a 98% do N total) ou na forma mineral (aproximadamente 1 a 3%). A forma orgânica, tendo uma solubilidade em água reduzida, não é praticamente absorvida pelas plantas, mas tem uma função de reserva, servindo de substrato para a formação do azoto mineral. A forma mineral compreende os iões amónia (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-). O NH_4^+ e o NO_3^- são as principais formas absorvidas pelas raízes das plantas, enquanto o NO_2^- tem geralmente uma reduzida permanência no solo.

A maior parte do N mineral é solúvel em água podendo ser facilmente transportado por difusão ou associado aos fluxos de água no solo (convecção). A imobilização na matéria orgânica e as reações de adsorção aos minerais de argila processam-se rapidamente. Os processos referidos, em conjunto com a absorção pelas raízes das plantas e com a volatilização, alteram rapidamente o teor em N inorgânico presente no solo em determinado instante (Santos, 2012).

As formas minerais e orgânicas do N encontram-se em equilíbrio dinâmico no solo, governado essencialmente pela imobilização das formas minerais e a mineralização das formas orgânicas (Cameira, 1999). O ciclo do azoto é constituído por um grande número de transformações, na sua maior parte controladas por microrganismos do solo (Fig 2.1).

Mineralização: corresponde à degradação da matéria orgânica (m.o.) do solo, incluindo os resíduos das culturas e os adubos orgânicos, pela microfauna do solo (Nicolardot *et al.*, 1997). Em média a taxa de mineralização do N orgânico varia entre 0.7 e 2% (Nicolardot *et al.*, 1997), podendo esta estimativa dobrar em solo de regadio. Nas regiões temperadas, os solos minerais têm entre 10 a 30 g de m.o. por kg de solo. Por norma a m.o. endógena possui aproximadamente 50 g N kg^{-1} , logo num solo com 30 g de m.o. kg^{-1} e uma densidade

aparente de 1.3 kg m^{-3} é possível haver anualmente na camada arável a formação de cerca de $80 \text{ kg N mineral por ha}$, que corresponde a uma taxa de mineralização de 2 % (Varennnes, 2003).

A mineralização do N orgânico é realizada, através das fases aminização e amonificação, por microrganismos heterotróficos. Na última etapa origina a formação de NH_4^+ que poderá ter vários destinos no solo, nomeadamente ser: i) absorvido pelas raízes; ii) absorvido nos coloides minerais e orgânicos do solo; iii) fixado nos espaços interlamelares dos minerais de argila do tipo 2:1 (Harmsen e Kolenbrander, 1965). O NH_4^+ do solo pode ainda ser iv) volatilizado sob a forma de NH_3 (sobretudo quando a temperatura é elevada); v) imobilizado, isto é, utilizado pelos microrganismos heterotróficos quando estes dispõem de substratos com elevada razão C/N e vi) nitrificado, transformando-se na outra forma absorvida pelas raízes, o NO_3^- (Cameira, 1999).

A mineralização, sendo efetuada por seres vivos, é influenciada por vários fatores de entre os quais se destacam o arejamento - ocorrerá em melhores condições quando o solo apresentar um conveniente arejamento; a humidade – teor ótimo entre a capacidade de campo e 40% desta (Campbell e Biederbeck, 1982); a temperatura – valores ótimos entre 25 e 35°C ; a reação do solo - um pH ligeiramente alcalino é o ótimo para a mineralização das substâncias orgânicas no solo (Harmsen e Kolenbrander, 1965).

Nitrificação: A transformação de NO_2^- em NO_3^- é normalmente bastante rápida e, por tal motivo, o NO_2^- , que é fitotóxico, não se acumula no solo. No entanto, em condições de pH muito elevado, pode haver uma acumulação de NO_2^- , devido ao facto de, para tais valores de pH, a atividade de *Nitrobacter* ser mais afetada do que a do *Nitrossomonas* (Cameira, 1999). O NO_3^- formado poderá ter no solo os seguintes destinos: i) ser absorvido pelas raízes; ii) ser arrastado pela água em escoamento, pois não sofre retenção química; iii) ficar, à semelhança do NH_4^+ , temporariamente imobilizado pelos organismos (é a única retenção a que o NO_3^- está sujeito no solo).

Fixação do azoto atmosférico: é a transformação de azoto molecular em azoto amoniacal, que é posteriormente incorporado nos compostos orgânicos, devido à atividade de microrganismos muito específicos (Nicolardot *et al.*, 1997). Tem importância no caso de algumas leguminosas. A fixação simbiótica pode fornecer, variando com a espécie de leguminosa, desde algumas dezenas a algumas centenas de kg ha^{-1} (Bouniols *et al.*, 1987).

Desnitrificação: É o processo mais significativo através do qual o N é devolvido à atmosfera na forma gasosa, N_2 ou N_2O . Ocorre em condições anaeróbias no solo, geralmente em alagamento durante largos períodos, onde há um conjunto de microrganismos anaeróbios, que reduzem o NO_3^- a N molecular (N_2), e vários óxidos de N

(NO e NO₂) (Santos, 2012). Estima-se que, em condições normais, se perca, por esta via, 10 a 15% do azoto nítrico anualmente produzido pela mineralização da matéria orgânica do solo e do que nele é incorporado sob a forma de adubos químicos (MADRP, 1997).

Volatilização: Em solos alcalinos sobretudo quando a temperatura é elevada, pode ocorrer, em certa extensão, a transformação do NH₄⁺ em NH₃. As perdas de azoto sob a forma de NH₃ terão maior interesse prático quando a reação tiver lugar à superfície do solo e a humidade seja baixa. Por essa razão, os adubos que fornecem azoto amoniacal podem originar perdas de azoto importantes quando aplicados à superfície do solo (Santos, 2012). Dado que o ião amónio é absorvido pelos coloides do solo, serão de recear maiores perdas em solos arenosos, com baixos níveis de matéria orgânica (Varennnes, 2003). A proporção de azoto perdido por esta via poderá, em condições muito desfavoráveis, atingir os 50% (MADRP, 1997).

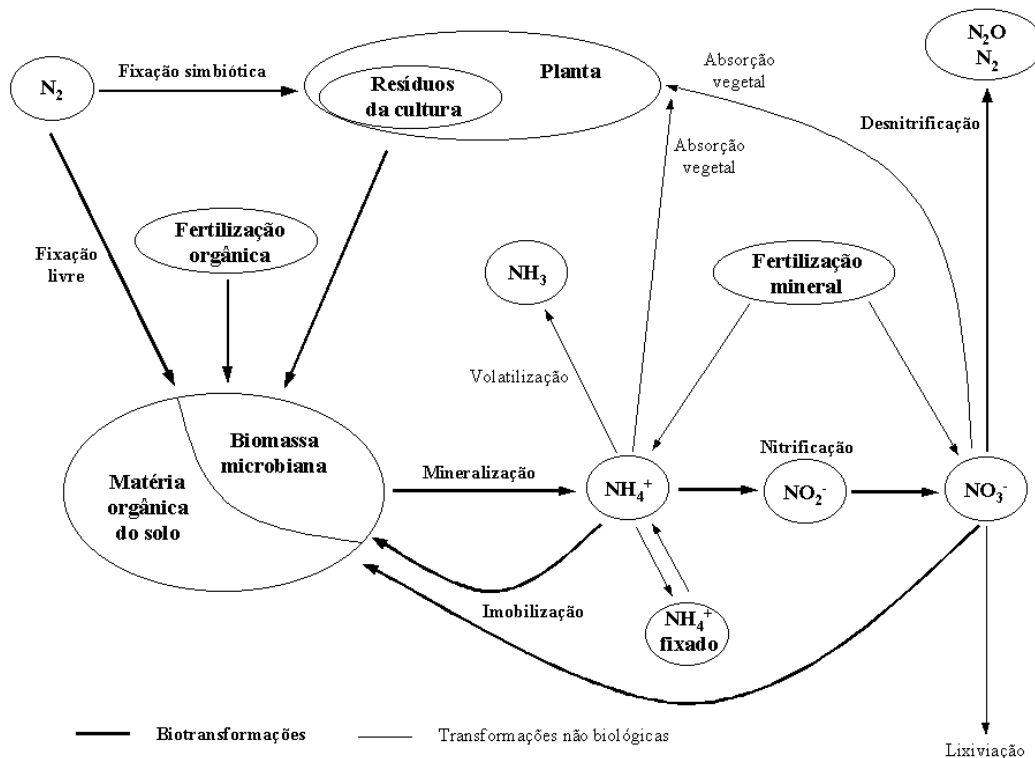


Figura 2.1 – Transformações entre reservatórios, no ciclo do azoto, no sistema solo-planta-atmosfera (adaptado de Nicolardot *et al.*, 1997).

2.3 MOVIMENTO DE NITRATOS NO SOLO

De acordo com o exposto anteriormente, conclui-se que das várias formas de azoto presentes no solo, ou adicionadas como fertilizante, apenas o ião nitrato pode ser lixiviado em quantidades apreciáveis, arrastado pela água que atravessa o perfil do solo. Isto porque, a não ser em solos ácidos tropicais, o ião nitrato não é adsorvido pela fase sólida do solo tornando-se então muito solúvel (Wild, 1988). Como consequência podem ocorrer dois

processos: i) o ião move-se facilmente com a água do solo e acompanha o movimento das moléculas de água, a que se chama transporte convectivo-dispersivo; ii) como todo o composto químico em solução, o ião pode sofrer difusão com o objetivo de atenuação dos gradientes de concentração (Jury *et al.*, 1991). O transporte convectivo-dispersivo pode ser muito rápido, e pode transportar o ião através de grandes distâncias. O fenómeno de difusão é bastante mais lento e não transporta o nitrato a mais do que alguns centímetros de distância. Estes dois fenómenos dependem estreitamente dos regimes hídricos e térmicos do solo. Com efeito, o coeficiente de difusão depende do teor de humidade do solo e da temperatura, enquanto que no movimento convectivo intervêm diretamente o balanço hídrico e as características hidrodinâmicas do solo (Lafolie e Neel, 1997). A profundidade de transporte deste ião no solo é geralmente maior em solos de textura arenosa do que em solos de textura argilosa. Os mecanismos de transporte no perfil são muito complexos e o efeito da estrutura do solo, para além da textura, aumenta à medida que aumenta o teor em argila (Addiscott e Bland, 1988). As variações nos diâmetros dos poros e na sua distribuição espacial e continuidade contribuem para o movimento irregular da água através do perfil. O efeito será o de dispersar a frente entre a solução residente no solo e a solução de substituição. A este fenómeno chama-se dispersão hidrodinâmica (Jury *et al.*, 1991). O reconhecimento da existência deste fenómeno levou ao desenvolvimento dos conceitos de regiões de água móvel e imóvel no solo (Jury *et al.*, 1991). Nas regiões de água imóvel o ião nitrato só pode entrar ou sair por difusão através da interface móvel/imóvel. Em condições de empoçamento à superfície, a água e o soluto podem ultrapassar a matriz do solo e escoar através dos macroporos atingindo rapidamente grandes profundidades (Germann e Beven, 1985). Ambos os processos e aproximações de cálculo associadas são descritos com pormenor no Capítulo 5.

2.4 AS PRÁTICAS DE GESTÃO AGRÍCOLA

2.4.1 A gestão da fertilização

Segundo Santos (2012), o termo fertilizante engloba adubos e corretivos. Os primeiros vão atuar nas plantas de modo essencialmente direto, enquanto que, os segundos têm uma certa ação indireta. Neste trabalho, o termo fertilizantes referir-se-á apenas aos adubos, que incluem os produtos minerais e os orgânicos.

Embora os fertilizantes azotados apresentem variadas formas químicas, os processos que ocorrem no solo conduzem à sua transformação na forma nítrica (NO_3^-) (Santos, 2012). Podem distinguir-se dois principais grupos de fertilizantes: os orgânicos e os minerais. O primeiro tipo é geralmente utilizado no modo de produção biológico e o segundo é mais utilizado no modo convencional de produção e em produção integrada.

As formas orgânicas, como a ureia, uma vez aplicadas ao solo têm que sofrer amonificação e nitrificação para se tornarem absorvíveis pelas plantas. Embora seja retida até certo ponto pelos constituintes do solo, a ureia apresenta elevado grau de mobilidade, estando por isso sujeita à lixiviação. Na maior parte dos casos tal não se verifica, pois a hidrólise ocorre três ou quatro dias após a aplicação do fertilizante se as condições do meio forem favoráveis (Santos, 2012). O nutriente torna-se, assim, lenta e gradualmente disponível para as plantas. Os fertilizantes na forma nítrica são os que apresentam maior potencial para a lixiviação, pois sendo esta forma prontamente absorvida, o agricultor prefere aplica-la em alturas de maior necessidade da planta. No entanto, se as necessidades forem menores que a quantidade disponível, o excesso ficará disponível para lixiviação. A forma amoniacal ocupa uma posição intermédia, ocorrendo perdas apenas na situação em que a taxa de nitrificação excede a taxa de absorção radical (Cameira, 1999). A Figura 2.2 representa as principais transformações associadas às diferentes formas de azoto presentes nos fertilizantes. Para além da forma do nutriente contida no fertilizante e as quantidades de aplicação, também o método de aplicação do fertilizante, o momento da sua aplicação, a relação do azoto com outros nutrientes, o sistema cultural e a gestão da água influenciam a lixiviação do azoto (Pereira e Santos, 1991).

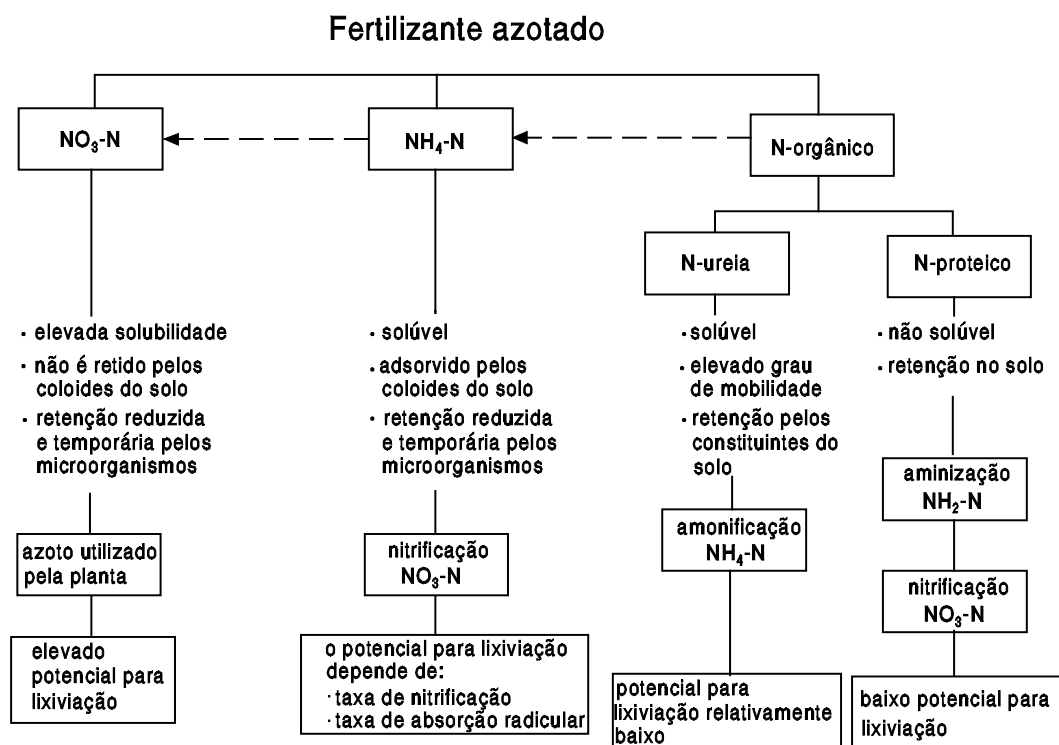


Figura 2.2 - Potencial para lixiviação do azoto relacionado com o tipo de fertilizante (adaptado de Pereira e Santos, 2012).

A respeito do modo de aplicação dos fertilizantes azotados, de acordo com Hanus e Fahner (1989), o risco de lixiviação do ião nitrato é mais reduzido se a quantidade total de azoto for repartida por várias aplicações durante o desenvolvimento das culturas, sendo este efeito atribuído ao aumento da eficiência de utilização do nutriente pelas plantas. Portanto aplicações repartidas e realizadas em períodos que precedem as necessidades de N, aumentam a eficiência do fertilizante, aumentam a produção e reduzem o potencial para a lixiviação (Cameira e Sousa, 1997).

2.4.2 A gestão da rega

A água, sendo um elemento essencial para o crescimento de qualquer cultura, é indispensável para se obterem boas produções agrícolas, pois a translocação de vários solutos no solo, ocorre apenas se existir um fluxo de água. No entanto, pela mesma razão, a água é responsável pela lixiviação de N no solo para fora da zona radicular. Logo torna-se necessária uma gestão integrada da rega e da fertilização a fim de minimizar a lixiviação do NO_3^- e aumentar a eficiência da sua utilização por parte da cultura.

Do ponto de vista do controlo da percolação e da lixiviação de NO_3^- são importantes dois aspetos relacionados com a rega: a condução da rega e o método de rega (Heermann *et al.*, 1989). Se a água de rega for aplicada antes que exista um défice excessivo de água no solo e que a cultura esteja em *stress* hídrico, a absorção de água e de nutrientes pela cultura pode ser maximizada, reduzindo as quantidades que ficam no solo após colheita ou que são lixiviadas durante o ciclo de crescimento.

Os métodos de rega têm um papel primordial uma vez que as perdas por percolação profunda dependem do processo de aplicação da água. As técnicas tradicionais de aplicação de água em rega de gravidade apresentam baixas eficiências de mão de obra, reduzidas uniformidades de distribuição e não permitem a mecanização da rega (Cameira e Sousa, 1997). Dadas as suas características, o sistema de rega por canteiros de nível pode proporcionar eficiência e uniformidade de distribuição elevadas, providenciando um bom controlo da água e dos nutrientes. A rega por aspersão possibilita a realização de aplicações de água mais frequentes e de dotações mais baixas. A rega gota-a-gota apresenta-se como uma boa solução para a rega em solos altamente permeáveis embora se coloque o problema de que para estas condições o bolbo molhado é estreito e profundo. Nesta situação são exigidas regas de alta frequência e de muito baixas dotações (Cameira e Sousa, 1997).

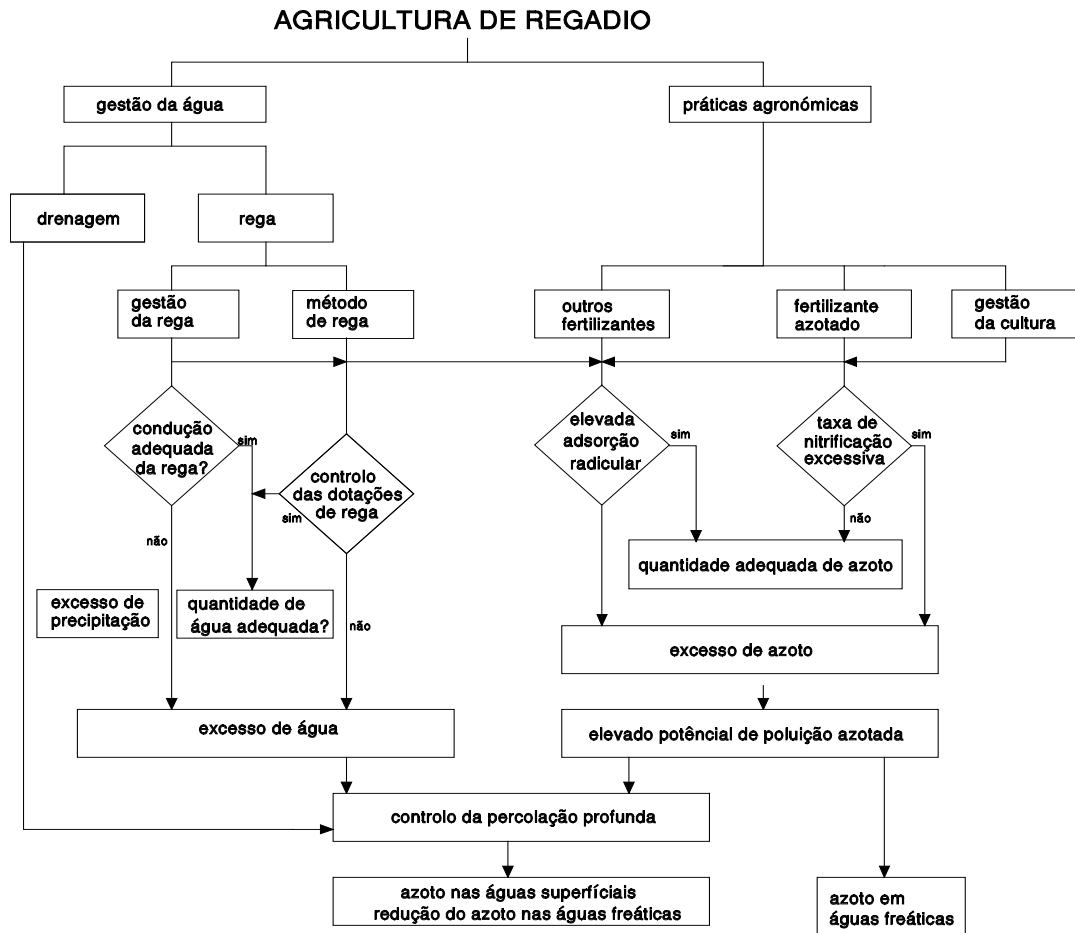


Figura 2.3 - A poluição azotada influenciada pela gestão da água (adaptado de Pereira e Santos, 1991).

2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA

2.5.1 Impactos nas águas

A contaminação de águas subterrâneas e superficiais com NO_3^- é uma das maiores preocupações ambientais em agricultura, impondo um risco à saúde humana e contribuindo para a eutrofização de rios, lagos e águas costeiras (Bittencourt, 2009). A eutrofização, resulta em elevada mortalidade de peixes e no aparecimento de algas, o que pode afetar a aquacultura, pois as algas podem produzir toxinas que afetam peixes e humanos. A toxicidade do nitrato em humanos, por si é baixa, mas de 5 a 10% do NO_3^- ingerido na alimentação é convertido em nitrito (NO_2^-) o qual, entrando na corrente sanguínea oxida o ferro da hemoglobina, produzindo a meta hemoglobina. Esta forma de hemoglobina é inativa e incapaz de transportar o O_2 para a respiração normal das células dos tecidos, causando a chamada metahemoglobinemia (Wright e Davison, 1964) que pode causar morte por asfixia a bebés (síndrome do bebé azul).

Embora o NO_3^- seja rapidamente absorvido pelas raízes das plantas, este mecanismo ocorre nas camadas mais superficiais do solo. Portanto, sempre que exista uma fonte de azoto e um excesso de água no solo, existe um potencial para os nitratos serem lixiviados abaixo da zona radical e atingirem assim os níveis freáticos. Torna-se fácil compreender porque a prática da rega e da fertilização está associada à poluição das águas por NO_3^- .

A Comunidade Europeia estabeleceu o limite máximo na concentração de água para beber em 50 mg L^{-1} de NO_3^- ou 11.3 mg L^{-1} de $\text{NO}_3\text{-N}$ (Diretiva COM 80/788). Também na sua diretiva dos nitratos (91/676) reconhece que o uso excessivo de fertilizantes é um risco ambiental que ultrapassa a contaminação das águas para consumo, definindo zonas vulneráveis, onde as práticas agrícolas serão restringidas de modo a que o momento de aplicação dos fertilizantes e as quantidades aplicadas sejam controladas. As zonas vulneráveis são definidas como aquelas que drenam direta ou indiretamente para águas superficiais ou subterrâneas já poluídas ou suscetíveis de virem a ser poluídas por nitratos de origem agrícola, i.e. que contenham ou apresentem risco de conter uma concentração de nitratos superior a 50 mg L^{-1} , se não forem tomadas medidas. No entanto, a diretiva falha ao não fornecer detalhes sobre os procedimentos, deixando-os ao critério do código das boas práticas agrícolas (Cameira, 1999).

2.5.2 Impacto no ar e nas alterações climáticas

De acordo com Pretty *et al.* (2001), a agricultura afeta a qualidade do ar e a atmosfera de quatro modos: produção de CO_2 devido às queimadas; metano oriundo da produção de arroz e animais; óxido nitroso oriundo de fertilizantes e estrume; e amónia de estrumes e chorumes.

Em alguns países as emissões de metano, ácido nitroso, e amoníaco podem representar cerca de 80 % do total de emissões de gases estufa pela agricultura. A agricultura tem sido responsável por mais de metade das emissões globais antropogénicas de metano e óxido nitroso. No caso das emissões de gás metano, uma fonte importante é o estrume na forma líquida e a contribuição da pecuária, embora muito variável, pode chegar a 35% na Inglaterra e no Canadá (Bittencourt, 2009).

O uso de fertilizantes minerais e a produção de bovinos são os principais responsáveis pela emissão de óxido nitroso. A sua produção é incrementada pela agricultura através do uso de fertilizantes azotados, resíduos de colheitas, urina e fezes animais. A emissão de N_2O também está associada à produção de ácido nítrico e amoníaco, que contribuem para a chuva ácida e acidificação dos solos e sistemas de drenagem (Mosier e Kroeze, 1998). Na China, por exemplo, que é o maior consumidor de fertilizantes azotados, cerca de 50 % do fertilizante aplicado é perdido por volatilização e entre 5 a 10 % são perdidos por lixiviação

(Bittencourt, 2009). No caso das emissões de amoníaco, a agricultura é a principal fonte de emissão antropogénica, que chega a ser cerca de quatro vezes maior que as emissões naturais. De acordo com Bouwman *et al.* (1997) e Bouwman (2001), a criação de bovinos corresponde a cerca de 44 % das emissões globais, os fertilizantes minerais a 17 % e a queima de biomassa e restos de culturas a 11 %.

2.6 O BALANÇO DE AZOTO NO SOLO

Apenas quando se conhecem os diferentes fluxos hídricos e de azoto se pode elaborar um diagnóstico. A realização de balanços hídricos e de azoto pode ser um instrumento útil para a melhoria da gestão da rega e da fertilização (Cockborne e Brukler, 1995). O balanço de azoto é utilizado com frequência para avaliar a utilização do azoto em sistemas agrícolas e o seu efeito potencial sobre o ambiente (Meisinger e Randall, 1991).

A aplicação deste conceito requer uma definição dos objetivos do balanço, uma definição precisa das fronteiras do sistema no espaço e no tempo e estimativas apropriadas dos fluxos através das suas fronteiras (Meisinger e Randall, 1991).

Face à grande variedade de processos que regem o movimento da água num solo não saturado e, conseqüentemente, o transporte de azoto, à grande complexidade das transformações do azoto no sistema solo-planta-atmosfera e à grande variedade de alternativas para a gestão integrada da rega e da fertilização, os modelos matemáticos de simulação aparecem como um instrumento indispensável à prática da agricultura sustentável. A modelação acompanha a experimentação e ajuda a confrontar as hipóteses e as teorias com a realidade, reduzindo as experiências *ad hoc* e facilitando o delineamento de ensaios de campo (Cameira, 1999). Os modelos de simulação são utilizados para interpretar, quantificar e extrapolar resultados experimentais em termos dos processos fundamentais físicos, biológicos e químicos. Podem ser utilizados para investigar as relações entre os diferentes componentes de um sistema, para explorar os impactos de diferentes cenários de gestão e para estimar os impactos a longo prazo de estratégias alternativas de gestão no âmbito de códigos de boas práticas agrícolas.

CAPÍTULO 3. A AGRICULTURA URBANA

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A agricultura urbana sempre existiu. Existem fontes histórico-literárias (e.g. Virgílio e Aristóteles) que mostram uma estreita ligação entre o urbano e o rural. Bairoch (1985) explica que desde o Neolítico, a componente agrícola das cidades sempre esteve presente. De acordo com Smit (1996) foi mesmo a urbanização que gerou a agricultura. Esta componente, que quase não era reconhecida na década de 1970, tem vindo a expandir-se mundialmente nos últimos 15 a 20 anos de forma mais rápida do que as populações urbanas e, em muitos países, mais rapidamente do que as suas economias.

O relatório PNUD (1994) avaliou em mais de 800 milhões o número de residentes urbanos que praticam a agricultura urbana no mundo. A mesma estimativa foi fornecida pela FAO (1998) a qual estima também que cerca do 15% da produção mundial de alimento tem origem nas áreas urbanas. Nos países da comunidade europeia, 30% da agricultura urbana é feita a tempo parcial por agricultores que têm outras profissões.

Em países como a China, ou regiões como a África e a América do Sul, a agricultura urbana contribui em larga medida para a sobrevivência das populações urbanas (Sousa, 2004). Em África, no início dos anos 80 apenas 10-25% da população urbana era ativa na agricultura, enquanto que na década de 90, 70% da população urbana em África e 60% na Ásia tornaram-se agricultores urbanos (Rogerson, 1997). Em Lusaka, capital da Zâmbia, estima-se que cerca do 60% das famílias de baixo rendimento cultivam hortas (Sanyal, 1985). Em Harare, Zimbabwe, 16% da área urbana é destinada à agricultura (Anonymous, 2004).

Mesmo nos países desenvolvidos, a produção alimentar urbana tem aumentado e cada vez mais parcelas de terra são usadas para hortas. Nova Iorque tem mais de 1000 hortas comunitárias e Berlim cerca de 80000 (Anonymous, 1996). No trabalho desenvolvido por Sousa (2004) são apresentados alguns casos de agricultura urbana europeia, tais como: Barcelona (Parc agrari de Llobregat), Milão (Parque agrícola de Milano sud), Nantes (Jardins Familleux) e Alemanha (schrebergaerten). No mesmo trabalho refere-se que a agricultura urbana é especialmente organizada e apoiada pelo governo no Canadá, África do Sul, Austrália, Alemanha e Índia. Nos EUA existem já Licenciaturas em Agricultura Urbana e sabe-se que um terço da produção agrícola (em dólares) dos USA tem como origem as áreas metropolitanas, que representam apenas um nono da área agrícola.

3.2 CONCEITO E OBJETIVOS

É difícil encontrar uma definição que traduza integralmente o que a agricultura urbana representa, dadas as suas características singulares. Para as Nações Unidas, PNUD

(1996), a agricultura urbana é uma atividade que contribui para a produção, o processamento e a comercialização de alimentos e energia, destinados à procura dos consumidores urbanos ou metropolitanos, praticada em solos e com recursos hídricos dispersos pelo tecido urbano ou desenvolvida nas áreas periurbanas por meio da utilização de um sistema de produção intensivo, através do uso e reciclagem de recursos naturais e de resíduos urbanos, destinados a aumentar o rendimento das colheitas e criação de gado.

Mougeot (1999) define a agricultura urbana como a atividade que se desenvolve dentro (intraurbano) ou na proximidade (periurbano) de uma cidade, centro urbano ou metrópole, a qual produz e distribui uma diversidade de produtos alimentares e não alimentares, utilizando recursos humanos e materiais, produtos e serviços encontrados na própria cidade ou nos seus arredores. De acordo com o Mougeot (2001) as definições mais comuns de agricultura urbana dizem respeito aos seguintes aspetos (Fig.3.1):



Figura 3.1 – Definições da AU. Adaptado de Mougeout (2000).

Localização. É o aspeto mais recorrente mas também o mais controverso. Os critérios usados podem variar amplamente desde os limites municipais da cidade (Maxwell e Armar-Klemesu, 1998), a população, os limiares de densidade, os limites oficiais da cidade (Gumbo e Ndiripo, 1996), o uso agrícola de terrenos destinados a outro uso (Mbiba, 1994). Embora alguns autores distingam os espaços cultivados apelidando de periurbana a agricultura praticada na periferia das cidades e de urbana a desenvolvida nos espaços interiores não construídos, a verdade é que se gerou um consenso entre as duas tendências generalizando-se a expressão urbana a ambos os espaços (Madaleno, 2002);

Tipo de atividade económica. A maioria das definições diz respeito à fase produtiva, mais recentemente adicionaram-se o processamento e a comercialização. A agricultura urbana proporciona um fluxo mais célere de recursos, dada a proximidade geográfica;

Categorias e subcategorias de produtos. Geralmente as definições referem-se à produção para consumo humano ou animal. Por vezes diferencia-se entre tipo de planta (hortaliça, ervas aromáticas e medicinais, plantas ornamentais, árvores e fruteiras) e tipos de animais (aves, coelhos, caprinos, ovinos, bovinos, suínos, peixes);

Tipos de áreas ocupadas. As definições focam-se nos aspetos da residência (na parcela ou fora dela), do nível de desenvolvimento do local (construído ou baldio), da modalidade de

usufruto do sítio (concessão, arrendamento, associação) e da categoria oficial de uso do solo (residencial, industrial, institucional, etc.);

Destino da produção. Muitas definições distinguem a produção para autoconsumo ou para algum tipo de comércio, podendo existir um tipo de produção especificamente orientada para o mercado de exportação;

Escala da produção. Geralmente distingue-se entre pequenas e médias empresas individuais ou familiares, em oposição a empresas de grande escala nacionais ou internacionais.

A agricultura urbana complementa a agricultura rural nos sistemas locais de alimentação sendo, no entanto, um conceito diferente. O principal aspeto que as distingue é o ambiente, podendo a primeira ser realizada em qualquer ambiente urbano, desde um vaso dentro de um apartamento até extensas áreas de terra, sob luz natural ou artificial. Outros aspetos de distinção são: a área disponível para o cultivo é muito restrita na agricultura urbana; há escassez de conhecimentos técnicos por parte dos agentes produtores diretamente envolvidos; frequentemente não há possibilidade de dedicação exclusiva à atividade, a qual se destina, normalmente, ao autoconsumo. Trata-se geralmente de uma policultura e a finalidade da atividade é distinta, pois normalmente não é requisito para a agricultura urbana a obtenção de lucro financeiro (Pinto, 2007).

A agricultura urbana pode estar presente em diferentes espaços das cidades sob diferentes formas tais como: hortas urbanas, jardins agrícolas, arborização urbana com árvores de fruto, cultivo de quintais agroflorestais, plantação e uso de plantas medicinais e ornamentais, plantação de culturas hortícolas junto a estradas e caminhos, ocupação de lotes urbanos vazios e cultivo em vasos e recipientes de vários tipos nas varandas, em terraços, em pátios, nas caves, nas paredes de estruturas construídas (Pinto, 2007).

3.3 HORTAS URBANAS

3.3.1 Definições

As hortas urbanas são uma das principais vias para pôr em prática a agricultura no interior da cidade, sendo a horticultura a forma mais frequente. Estas são definidas como a produção de uma variedade de vegetais, plantas aromáticas e medicinais, flores e árvores de fruto, cultivadas principalmente em sistemas intensivos de produção localizados na cidade ou na periferia, em terrenos de menor dimensão (De Bon, 2001). Em geral, as hortas urbanas têm a sua dimensão condicionada pela disponibilidade de terrenos que são, por norma, pequenos. Por exemplo, uma mini-horta intensiva pode apresentar uma área mínima de 2.25 m² e uma horta familiar pode apresentar uma superfície máxima de 2000 m². O lote

convencional funcional apresenta, geralmente, uma dimensão entre 200 m² e 300 m² (Pinto, 2007).

Existem várias motivações para praticar a agricultura urbana: os desempregados que se tornam agricultores urbanos para abastecerem as famílias, pessoas que se querem aproximar da natureza e aliviar as tensões, outros ainda que respondem ao desejo de maior autodeterminação, outros que querem contribuir para tornar as nossas cidades mais sustentáveis e para reduzir a dependência do exterior (Girardet, 2007).

Em geral, as hortas nascem do imprevisto e da vontade de ocupar o tempo por parte dos seus utilizadores. Têm vindo a adquirir novas características e permitem a sustentabilidade do meio urbano através do aumento quantitativo de espaços verdes, a renovação da paisagem urbana e locais de aprendizagem e relacionamento inter-generacional, que permitem a troca de ideias entre os mais jovens e os mais velhos, podendo incluir uma consciência mais ambiental (Saraiva, 2011).

De acordo com Telles (1996), no caso da cidade de Lisboa, existem 3000 hortas que são indispensáveis a 3000 famílias para que não passem fome. Trata-se de famílias de baixo rendimento, sendo também reduzido o acesso aos mercados. Para além dos alimentos, retiram apenas dois outros rendimentos: um, dos crisântemos, que vendem no dia dos finados, e outro dos manjericos que vendem no mês dos Santos Populares. O mesmo autor reconhece que se a função destas hortas era a do combate à fome, hoje em dia passa a ser, como em muitas outras cidades europeias, maioritariamente para recreio.

As hortas urbanas englobam um conjunto de tipologias que se distinguem pelos objetivos a atingir. Deste modo, elas reúnem-se em três grupos: sociais/comunitárias, de recreio e pedagógicas. As primeiras apresentam um desenvolvimento representativo na componente familiar e habitualmente produzem para consumo próprio e/ou para venda. Existe nestas hortas acesso gratuito à água e são mais económicas devido à aplicação de quotas anuais. As hortas de recreio agregam uma população mais jovem e outro conjunto de motivos impulsionadores, nomeadamente recreio, lazer, educação ambiental, etc., e são criadas pelo gosto dos hortelãos pela agricultura. Nestes casos a dependência económica é reduzida. As hortas pedagógicas que, como o próprio nome indicam, constituem espaços que promovem a educação ambiental para escolas, associações e outras organizações. O objetivo é promover o contacto com a terra divulgando técnicas mais sustentáveis (Saraiva, 2011).

3.3.2 Modos de produção

Os modos de produção mais difundidos na prática da agricultura urbana são o modo convencional e biológico. A agricultura urbana praticada para autoconsumo depende pouco da utilização de fertilizantes químicos e pesticidas, não apenas devido à existência de

grandes quantidades de resíduos produzidos pela cidade, que podem ser utilizados como *inputs* agrícolas, mas também devido à necessidade do horticultor diminuir o mais possível os custos da sua produção. É neste contexto que se torna fácil entender porque a agricultura biológica é frequentemente associada à agricultura urbana sendo uma aposta cada vez mais frequente.

A horticultura biológica diferencia-se enquanto sistema de produção agrícola assente numa gestão sustentável que engloba o equilíbrio natural entre o solo e a planta e que privilegia o uso de fatores de produção internos à exploração em detrimento de outros (Dias, 2009). A agricultura biológica pretende fazer o cultivo controlado apenas pelos meios naturais, aproveitando o que se conhece da natureza e do seu modo de funcionamento, para aplicar na correta produção de culturas (Oliveira, 2005).

Fertilização: No método convencional, o uso de fertilizantes minerais é muito usual. Estes são de mais fácil aplicação, principalmente no que diz respeito à aplicação da dose ideal de nutrientes para as plantas, podendo apresentar alguns riscos para o ambiente quando não se obedece às boas práticas agrícolas, isto é, quando a quantidade de nutrientes aplicada é superior à quantidade requerida pelas plantas. A principal preocupação reside na possível contaminação dos solos e da água com nitratos e/ou fosfatos (De Bon, 2001). O modo de produção biológico não permite a utilização de fertilizantes químicos, a base de toda a produção em horticultura biológica é a fertilidade do solo. Assim, é fundamental mantê-la ou aumentá-la, recorrendo a práticas como as rotações de culturas, as consociações, a adubação verde e a fertilização orgânica. Contudo, estas práticas nem sempre são suficientes para satisfazer as necessidades das culturas hortícolas que exigem elevadas quantidades de azoto num período de tempo relativamente curto. Nessas situações é necessário recorrer a fertilizações orgânicas complementares, que devem ser feitas com especial cuidado de forma a evitar o excesso de nitratos nas hortaliças e a contaminação das águas subterrâneas (Dias, 2009).

De acordo com Pinto (2007) a chave para melhorar a terra é a matéria orgânica, incluindo qualquer espécie de matéria vegetal que tenha sido desintegrada para formar um composto fibroso e inodoro. Engloba desperdícios de jardim, restos vegetais da cozinha, estrume de curral (que inclui plantas que foram entretanto digeridas pelos animais) e outros desperdícios de plantas. A melhor forma de aplicar a matéria orgânica na horta é cavando, pois permite que esta se misture com a terra.

Estrumes e compostos fornecem nutrientes às plantas e melhoram a estrutura do solo. Entende-se por estrume os excrementos, sólidos e líquidos, dos animais (bovinos, equinos, ovinos, de capoeira, etc.) misturados, ou não, com palha, caules de milho, folhas, serradura,

aparas de madeira e também por vezes areia. Na sua falta podem ser substituídos pelo composto, que é fácil de fazer e é barato. O princípio da produção de composto é imitar o processo que leva uma planta a extrair nutrientes da terra, para depois morrer e decompor-se, voltando a deitar à terra os mesmos nutrientes. O desperdício de matéria vegetal é recolhido, empilhado num monte em que a matéria decomposta gera calor, que por sua vez encoraja a rapidez da decomposição e ajuda a combater as pragas e doenças e infestantes que se encontrem misturadas no composto. Para o composto ficar bem curtido, é necessária uma determinada quantidade de água e de ar. Contudo, se houver demasiada água, o processo é retardado e, se houver falta de ar, o monte ficará lodoso e com mau cheiro. O processo deverá demorar entre três a seis meses (Bird, 2001).

Rega: Na agricultura urbana existem várias fontes de água para rega mas algumas podem não ter a qualidade exigida para a rega de plantas para consumo humano. As principais são: água da chuva, águas subterrâneas (furo, fonte ou poço), água corrente à superfície, água estagnada e água canalizada (Boland, 2005). Pinto (2007) destaca que não é conveniente utilizar na horta água demasiado fria ou que contenha substâncias tóxicas soltas ou suspensas provenientes de rios ou canais poluídos. O ideal será utilizar água potável obtida localmente. Os métodos de rega mais comumente praticados são por alagamento, com recurso a mangueiras ou baldes, e por regador com crivo.

3.4 AGRICULTURA URBANA SUSTENTÁVEL, BENEFÍCIOS E RISCOS

De acordo com Pinto (2007), a agricultura sustentável passa pelo respeito ao ambiente, sendo que um processo de desenvolvimento sustentável só será possível se forem tidas em conta as preocupações ambientais de acordo com as perspetivas económicas do setor. No entanto, a problemática da sustentabilidade nas cidades, a nível global e num mundo em processo de urbanização acelerada e explosiva, deve ser analisada sob o ponto de vista de que o desenvolvimento sustentável dessas cidades não pode, de forma alguma, abdicar de considerar a satisfação das necessidades dos seres humanos que neles habitam e de criar as condições para se alcançar o crescimento económico, o desenvolvimento social e a proteção ao ambiente (Sequinel, 2002).

A necessidade de promover o desenvolvimento urbano sustentável esteve presente no Capítulo 7 da Agenda 21, o documento resultante da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Urbano e Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992). A agenda 21 considera como aspetos fundamentais a promoção do planeamento e do ordenamento sustentável do uso do solo, a promoção de sistemas sustentáveis de energia e transportes nas cidades, adotando estratégias inovadoras de urbanismo, destinadas a abordarem questões ecológicas e sociais (Franco, 2000). Muito tem sido feito neste sentido, sobretudo pela

União Europeia, sendo disso exemplo o Livro Verde sobre o Meio Ambiente Urbano publicado em 1990, o Projeto *Cidades Sustentáveis*, lançado pelo Grupo de Peritos em 1993, e a Estratégia Temática para o Ambiente Urbano publicada em 2006 (Pinto, 2007).

Benefícios: De acordo com o PNUD (1996) resumem-se em seguida as principais contribuições da agricultura urbana: *no bem-estar*, o aumento da segurança alimentar, a melhoria da nutrição, a melhoria da saúde e o ambiente mais limpo; *na economia*, a fonte de trabalho, o fortalecer da base económica, a diminuição da pobreza, o fomento do empreendimento e do trabalho para mulheres e para outros grupos marginalizados, *no ambiente*, a conservação dos recursos naturais, a redução do impacto ambiental, as comunidades sustentáveis e incremento da reutilização e reciclagem de resíduos. Smit e Nasr (1992) referem que a agricultura nas cidades e áreas metropolitanas pode converter lixo urbano em recursos, utilizar áreas vazias e/ou subutilizadas na perspetiva produtiva e conservar os recursos naturais fora das cidades melhorando a qualidade de vida urbana. Os mesmos autores concluem que a urbanização ecologicamente sustentável é impensável sem a agricultura urbana, sendo esta pouco exigente em capital e muito em trabalho, pois, enquanto melhora o ambiente produz alimento e proporciona saúde, cria oportunidades de emprego e negócios e melhora a segurança económica. Em suma, a agricultura urbana contribui para a sustentabilidade social melhorando a sustentabilidade ecológica.

Contudo, estes benefícios são apenas potenciais, podendo traduzir-se numa agricultura urbana sustentável, apenas se esta for convenientemente praticada. A bibliografia existente identifica a agricultura biológica como um dos principais pontos fortes da agricultura sustentável sobretudo devido aos seus benefícios ambientais, de entre os quais a renovação do solo, a reciclagem de nutrientes, a utilização racional dos recursos naturais e a salvaguarda da biodiversidade. No entanto evidencia-se que a agricultura biológica não é uma prática simples e não pode ser resumida numa simples substituição de *inputs*, requerendo, para além da filosofia subjacente, um profundo conhecimento técnico dos processos inerentes ao ecossistema e às práticas de gestão agrícola. Uma gestão agrícola inadequada pode tornar-se insustentável e até perigosa para o ambiente e para a saúde humana, independentemente da fonte, química ou orgânica, dos *inputs* utilizados. De acordo com Boland (2005), tal como em qualquer atividade comercial ligada à agricultura, também na agricultura urbana podem surgir problemas no que diz respeito a aspetos sanitários, de higiene, ambientais ou ecológicos. Existem vários fatores limitantes e cuidados que devem ser considerados na sua prática para que a mesma não se torne poluidora do ambiente ou perigosa para a saúde humana. A agricultura urbana precisa de cuidados particulares, não podendo-se esquecer alguns aspetos essenciais que são condicionantes das cidades. Do ponto de vista agrícola, o solo urbano geralmente não tem problemas de fertilidade, pois nas

idades os nutrientes acumulam-se com abundância, produzindo muitos resíduos que podem ser aproveitados como fertilizantes, reduzindo a necessidade de efetuar fertilização química adicional. Por outro lado, a agricultura urbana, por ser praticada em áreas densamente povoadas, localizadas próximas de habitações e cursos de água, é mais passível de promover ou agravar os problemas de contaminação, tanto dos alimentos como do ambiente. É neste contexto que se torna fundamental garantir a sustentabilidade da agricultura urbana através do planeamento territorial.

Riscos para o ambiente: De acordo com Wakida *et al.* (2004) é provável que a lixiviação de nitratos por aplicação de adubos em terrenos urbanos possa ser uma fonte significativa de azoto para as águas subterrâneas. O uso de fertilizantes em hortas e solos urbanos tem sido identificado como uma das fontes de nitrato em aquíferos urbanos (Sharma *et al.*, 1996; Katz *et al.*, 1980, Wong *et al.*, 1998). Num estudo efetuado numa comunidade rural na Alemanha, concluiu-se que uma área de apenas 3.5% da área total em estudo era responsável por 27% da quantidade total de azoto lixiviado (Kliebsch *et al.*, 1998). Pionke *et al.* (1990) encontraram altas concentrações de N na água de drenagem abaixo da zona radical ($71-209 \text{ mg L}^{-1}$) e $9-80 \text{ mg L}^{-1}$ nas águas subterrâneas. Thompson *et al.* (2002) avaliou em 527 Kg ha^{-1} o valor médio de azoto mineral no solo a uma profundidade média de 60 cm em horticultura protegida, mostrando o elevado potencial poluente para o aquífero subjacente. A carga de N descarregada a partir da agricultura domestica para o exterior é muito variável, dependendo das práticas de gestão e da área utilizada para a atividade. Com base na bibliografia, é provável que os fertilizantes utilizados em agricultura urbana possam ser fontes significativas de N em águas subterrâneas em muitas cidades de países em desenvolvimento com rápido crescimento. A lixiviação de nitrato a partir de fertilizantes aplicados nos relvados depende muito da textura do solo, da fonte de N, da dose e da frequência de aplicação, da rega e precipitação (Petrovic, 1990). O pior cenário em termos de lixiviação de nitrato é a aplicação de N solúvel numa dotação maior que a recomendada, a um solo arenoso com rega em excesso. No entanto, a lixiviação de nitratos pode ser reduzida com boas práticas de gestão (Petrovic, 1989).

O problema de contaminação por nitratos não é exclusivo do modo de produção convencional. O uso crescente e desregrado de fertilizantes orgânicos, comuns à prática da agricultura biológica, tem levado a uma preocupação crescente com a sua gestão. Boland (2005) afirma que os produtos orgânicos usados para a compostagem podem conter substâncias tóxicas e nocivas para a saúde humana, animal e/ou vegetal, a curto e a longo prazo.

O facto de a agricultura urbana se praticar em ambientes fortemente modificados pelo Homem conduz a que esta possa estar sujeita a diferentes fontes de contaminação

provenientes do ambiente envolvente onde se encontra. Segundo Shayler *et al.* (2009), as principais fontes de contaminação dos solos urbanos provêm de: zonas industriais, áreas de tráfego intensivo, derramamentos de petróleo, depósitos de lixo, incêndios, pesticidas e fertilizantes. Por outro lado, durante muitos séculos, na agricultura urbana e periurbana, reciclaram-se e aplicaram-se resíduos orgânicos da própria cidade, facto que se veio a comprovar mais tarde ser uma prática que pode causar riscos para o ambiente e para a saúde pública. Por exemplo a excessiva aplicação de lamas urbanas pode causar a contaminação dos solos e das águas subterrâneas com metais pesados. De acordo com Heinegg *et al.* (2002) os agentes contaminantes no ecossistema urbano podem ser variados mas os principais são os metais pesados presentes nos pesticidas. Constituem uma das maiores preocupações no âmbito de contaminação dos solos, pois são elementos com potencialidade de toxicidade que persistem no solo e podem ser encontrados em elevadas concentrações nas zonas urbanas (Ajmone-Marsan *et al.*, 2008). Uma outra preocupação diz respeito à ocupação de espaços e áreas física e biologicamente instáveis, como florestas e encostas, onde cultivo e pastoreio excessivos podem acelerar processos erosivos (Toledo Machado *et al.*, 2004).

Riscos para a saúde humana: O azoto e o potássio são os nutrientes mais requeridos pelas culturas, exigindo a aplicação de doses elevadas. Relativamente ao N, esse aspeto tem trazido preocupações sob dois aspetos: primeiro pela contaminação de águas subterrâneas e, segundo, pela elevação dos teores de nitrato (NO_3^-) nos alimentos, principalmente nas hortaliças folhosas que tendem a acumular o nitrato nos seus tecidos. A toxicidade do nitrato em humanos por si é baixa, mas entre 5 a 10% do NO_3^- ingerido na alimentação é convertido em nitrito (NO_2^-), que entra na corrente sanguínea oxida o ferro da hemoglobina, produzindo a meta hemoglobina. Esta forma de hemoglobina é inativa e incapaz de transportar o O_2 para a respiração normal das células dos tecidos, causando a chamada metahemoglobinemia (Wright e Davison, 1964). Leifert *et al.* (1999) destacam que em pessoas adultas esse processo é reversível devido à ação da enzima Redutase da Metahemoglobina (RM) e com a participação do agente redutor NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo). No entanto, as crianças lactantes até três meses de idade, que nessa fase são deficientes na enzima RM e do cofactor NADH, podem chegar à morte por asfixia, processo denominado de “síndrome do bebé azul”. O nitrito pode, também, combinar com aminas formando nitrosaminas, as quais são mutagénicas e cancerígenas (Maynard *et al.*, 1976). Na União Europeia o teor máximo de nitrato permitido no espinafre é de 2.500 a 3.000 mg kg^{-1} de produto fresco, em alface é de 3.500 a 4.500 mg kg^{-1} de peso fresco e no espinafre congelado é de 2.000 mg kg^{-1} de produto processado (Boink e Speijers, 2001). De acordo com a FAO, para os humanos, o Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível para o

nitrito é de 5 e de 0.2 mg kg⁻¹ de peso corporal, respetivamente. De acordo com Vale (2006) os vegetais serão a principal fonte de ingestão de nitratos quando os níveis de azoto nítrico na água para consumo estão abaixo de 10 mg L⁻¹ (Chilvers *et al.*, 1984). Quando este valor é excedido, a ingestão de água será a principal fonte de nitratos, principalmente para crianças alimentadas por biberão. Ysart *et al.* (1999) demonstrou num estudo da exposição a nitratos na dieta total do Reino Unido que 70% do total diário de ingestão de nitratos advém do consumo de vegetais.

Uma vez que os solos utilizados para as hortas estão sujeitos à contaminação por organismos patogénicos e metais pesados, estes últimos principalmente nas áreas localizadas nas proximidades das rodovias e indústrias, o risco de contaminação dos alimentos produzidos é outra fonte de cuidados. Os produtos químicos utilizados na agricultura e libertados na atmosfera tais como os pesticidas são outra fonte de contaminação do ar, solo e alimentos, sendo potencialmente nocivos para pessoas e outras espécies (Toledo Machado *et al.*, 2004). Num trabalho recente acerca do desenvolvimento sustentável das hortas urbanas em Braga, Pinto (2007) concluiu que existem níveis preocupantes de contaminação e poluição pelos metais pesados cádmio, chumbo e zinco, em hortas dentro do perímetro urbano de cidade, podendo vir a traduzir-se em graves problemas para a saúde pública.

3.5 O PLANEAMENTO URBANO

Devido à crescente preocupação ambiental, nomeadamente com a poluição do ar, da água e dos solos, à destruição de zonas verdes e à aplicação de regras pouco claras para algumas utilizações da terra, tornou-se exigência fundamental incluir a componente ambiental no planeamento urbano. A finalidade do planeamento urbano é a de alcançar a sustentabilidade das cidades, desafio que se torna hoje sempre mais complexo devido à pressão crescente, relacionada com o crescimento económico, demográfico e da urbanização, do homem sobre o ambiente. De acordo com Higueiras (2006) o objetivo do planeamento urbano é o de melhorar a qualidade de vida das pessoas aproveitando ao máximo todos os recursos disponíveis e controlando os efeitos perniciosos sobre o ambiente em todas as escalas (aspetos edafo-climáticos, energéticos, paisagísticos e socioeconómicos).

De acordo com Pinto (2007), o aparecimento de Planos e Projetos em matéria de ambiente tem sido uma realidade, pois tem havido uma crescente consciencialização da importância de integrar a componente ambiental nas mais diversas formas de gestão. Em Portugal têm surgido vários Planos que integram a componente ambiental, traduzindo-se em instrumentos de ordenamento do território operativos que procuram a concretização das estratégias e dos

objetivos de planeamento. De entre eles destacam-se, a nível nacional, o Plano Nacional de Política de Ambiente (PNPA), a nível regional, o Plano de Desenvolvimento Regional (PDR) e, a nível local, os Planos Municipais de Ambiente (PMA) e Agenda 21 Local.

No planeamento das cidades, as hortas urbanas são geralmente incluídas na chamada estrutura verde, a que define o conjunto de áreas verdes para uso predominantemente público, que asseguram um conjunto de funções ecológicas em meio urbano e ainda com funções de estadia, de recreio e de enquadramento da estrutura urbana. Nesta estrutura englobam-se todos os espaços verdes, designadamente, as alamedas, praças, jardins públicos e parques urbanos (DGOTDU, 2000). A eficiência destes sistemas passa por uma determinação criteriosa da capacidade de carga do meio natural (ou seja, da determinação da aptidão ecológica) em conjugação com a definição de políticas e a adoção de estratégias promotoras da sustentabilidade das ações. De facto, quanto mais cedo se integrarem as questões ambientais no processo de planeamento maior será a sua contribuição para o desenvolvimento sustentável (Amado, 2005).

A preocupação com a necessidade de espaços verdes na cidade foi evidenciada na Carta de Atenas (1933), que considera os espaços verdes componentes essenciais na construção da cidade. De acordo com Drescher (2001), a integração da agricultura no planeamento urbano dá-se com a realização da Conferência do Rio, em 1992, encontro no qual surgiu a Agenda Local 21 e em que se objetivou, entre outras medidas, o fortalecimento de práticas que conduzam à proteção dos recursos urbanos e o apoio de práticas de gestão do solo, abrangendo as necessidades de solos para a agricultura urbana. A partir daí o ambiente tem tido peso crescente no planeamento urbano, e hoje em dia vários países têm padrões mínimos referentes aos espaços verdes urbanos, pelo que se apresentam em seguida alguns breves exemplos de países da Europa (Magalhães, 1991). Em França estabeleceu-se a norma de 10 m²/habitante de espaço verde de proximidade, em meio urbano denso. Em Espanha é prevista a reserva, em solos de uso residencial, de uma área média de 15 m²/alojamento para jardins. Em Itália estabeleceram-se índices urbanísticos para as zonas residenciais consoante a sua tipologia, 9 m² de espaço verde/habitante em zonas urbanas densas e antigas, até 15 m²/habitante zonas pouco edificadas da periferia. Em Inglaterra, em termos médios, e para uma população de cerca de 80 000 habitantes, a “National Playing Fields Association” previa a reserva de 52 m²/habitante para espaços verdes urbanos. Em Portugal, o Centro de Estudos de Planeamento integrou nas normas para programação de equipamentos coletivos uma regra que define, globalmente, para as expansões urbanas, a exigência da disponibilidade de 30 m² de espaço verde por habitante (Fadigas, 1993). No entanto, o valor que se considera desejável para a estrutura verde urbana é de 40 m² de espaço verde por habitante (Magalhães, 1991). Em Lisboa, o valor

medio de área de espaços verdes é de 9.1 m²/habitante, se não incluirmos o Parque de Monsanto, e de 26.8 m²/habitante se o incluirmos. Este índice de área de espaço verde por habitante corresponde a áreas maioritariamente cobertas por árvores e, por isso, é conhecido por “Índice verde” (Soares e Castel-Branco, 2007). Este valor é calculado tendo em conta a influência que os espaços verdes exercem no controle climático e na purificação da atmosfera urbana, dado que um ser humano tem necessidade de uma quantidade de oxigénio igual à que pode fornecer uma superfície foliar de 150 m², ou seja, uma área de 40 m² (Magalhães, 1991). Deelstra e Girardet (2001) concluem que existem perspetivas positivas sobre a agricultura urbana em todo o Mundo, mas que, no entanto, é fundamental que os planeadores comecem a reconhecer as vantagens da integração da agricultura no desenvolvimento urbano. Esta atividade deve e pode complementar as outras que se desenvolvem nas cidades. Os autores sublinham que a Agricultura Urbana é parte integrante da formação das cidades do futuro.

A Comissão Europeia tem dado crescente atenção a este assunto tendo recentemente apoiado uma Ação COST TU1201 intitulada “Urban Allotment Gardens in European Cities - Future, Challenges and Lessons Learned” onde a componente do caso de estudo do *campus* do LNEC desta dissertação foi desenvolvida, através da colaboração do Núcleo de Águas Subterrâneas do LNEC.

CAPITULO 4. AS HORTAS URBANAS DE LISBOA

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Neste capítulo faz-se uma caracterização geral das hortas de Lisboa com base em inquéritos efetuados a um conjunto diverso de hortelãos e uma caracterização pormenorizada das Hortas “casos de estudo” que servirão de base à modelação (Cap.5) com base em metodologias experimentais.

4.1.1 Caracterização biofísica da cidade de Lisboa

Com o objetivo de enquadramento dos locais de estudo em termos de clima e de solo, apresenta-se a seguinte caracterização biofísica, baseada no “Relatório síntese de caracterização biofísica de Lisboa” elaborado no âmbito da revisão do Plano Diretor Municipal de Lisboa” (CML, 2010).

Clima: A cidade tem um clima de tipo mediterrâneo, com verão quente e seco e concentração da maior parte da precipitação entre outubro e abril. A temperatura média anual é de 16°C, com mínimos de dezembro a fevereiro (10°C) e máximos de julho a setembro (20 a 25°C). Os valores médios anuais de precipitações situam-se entre 650 e 760 mm, com máximos mensais de novembro (160 mm) a fevereiro e mínimos de julho a agosto (3 a 7 mm). Estas características dependem de factores geográficos regionais (latitude e proximidade do oceano Atlântico) que lhe conferem amenidade térmica.

Solo: Foram constituídas 6 classes de Tipos de Solos (Aluvionares, Arenosos, Argilosos, Basálticos, Calcareníticos e Carbonatados) de acordo com a textura e composição de cada formação geológica. No sudoeste do Concelho predominam os solos Basálticos e Carbonatados (Fig. 1, Anexo 1). A restante área é constituída por solos arenosos, argilosos e calcareníticos, restringindo-se os aluvionares à faixa litoral e às linhas de água (vales).

Geologia: Formações do Cretácico (Fig. 2, Anexo 1), compostas por bancadas carbonatadas e margosas, afloram na zona sudoeste. O Complexo de Benfica, Oligocénico, detrítico de origem continental, aflora em São Domingos de Benfica e no noroeste do Concelho. As formações miocénicas, de origem marinha, estuarina e continental afloram na maior parte do concelho, com exceção das áreas referidas anteriormente. As formações holocénicas, compostas por aluviões e aterros, são geralmente de espessura pouco significativa.

Permeabilidade: Foram constituídas 5 classes de permeabilidade (Baixa, Baixa a Média, Média, Média a Alta e Alta) de acordo com a textura e composição de cada formação geológica (Fig. 3, Anexo 1). Às permeabilidades altas correspondem as formações calcárias cretácicas, aluviões e aterros e às baixas correspondem as formações mais ricas na componente argilosa.

4.1.2. Levantamento da área ocupada por hortas urbanas

Lisboa dispõe de muitos espaços verdes, parques e jardins públicos, tendo longa tradição, nem sempre contínua, na criação desses espaços. Existem diversas iniciativas de promoção da agricultura urbana, sendo difícil apresentá-las exaustivamente, também devido à rapidez com que o fenómeno se está a espalhar na área metropolitana de Lisboa. Uma tentativa foi feita pela Câmara Municipal de Lisboa (CML), no âmbito do “Plano Verde” proposto em 2006

pelo gabinete do vereador José Sá Fernandes, com levantamento das áreas com hortas e com potencial para hortas, estimando-se uma área de 77.4 ha, incluindo 43.9 ha de “Espaços Verdes de Recreio e Produção” pertencendo 33.5 ha a Outras Classificações de Uso do Solo. (Fig. 4.1). Para a estratégia municipal para dinamização da agricultura urbana interessam atualmente 24 ha, a expandir gradualmente (Fig. 4.2).

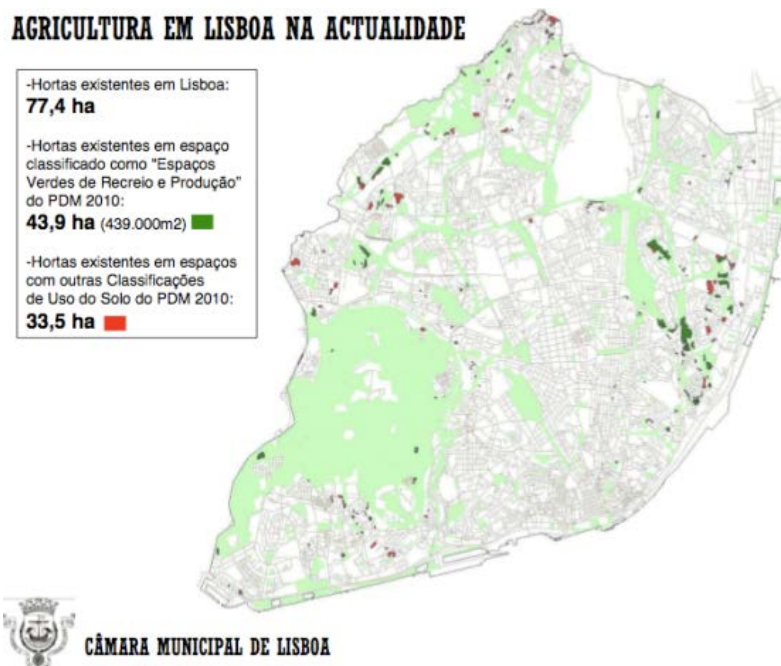


Figura 4.1 - Área hortícola em Lisboa (Fonte: CML).

No dia 2 de outubro 2007 foi aprovado o Plano Verde de Lisboa que, de acordo com Telles (1997), pretende salvaguardar as áreas essenciais para a saúde urbana e definir uma estratégia para criação e gestão dos espaços públicos na cidade. A estratégia deve consolidar os espaços existentes, garantir a continuidade ecológica e a sustentabilidade financeira dos espaços verdes, promover a biodiversidade e dinamizar a vivência dos espaços. Inclui a criação de parques/espaços hortícolas e visa promover a participação da população, incluindo a definição de normas e cursos de formação para hortelãos. Por iniciativa da CML foram recentemente abertos concursos para atribuição de talhões de cultivo (Parques Hortícolas de Quinta da Granja - freguesia de Benfica, Jardins de Campolide, Telheiras e Quinta Nossa Senhora da Paz). De acordo com o responsável do Ambiente Urbano, a CML prevê disponibilizar 400 talhões até meados do próximo ano. Refere-se que existe uma multiplicidade de hortas criadas por iniciativas privadas ou por grupos de indivíduos ou associações que frequentemente surgem de forma espontânea e nem sempre estão definidas formal e/ou institucionalmente.

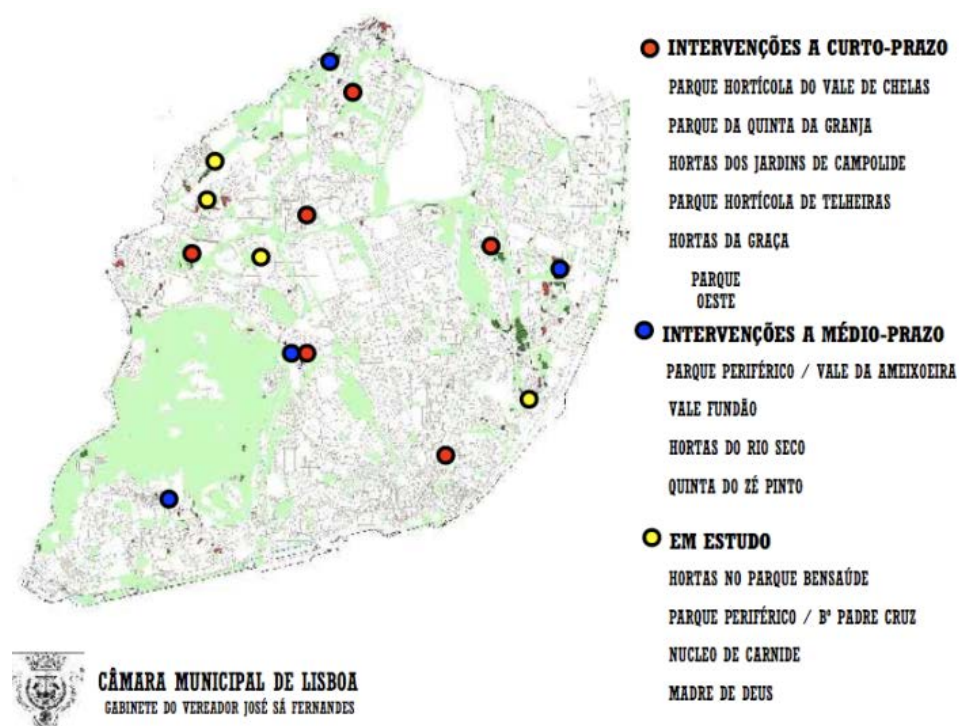


Figura 4.2 - Projeto de instalação de parques/espços hortícolas em Lisboa (Fonte: CML).

4.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS HORTAS E SELEÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

4.2.1 Realização de inquéritos aos hortelãos

Para a caracterização geral foi realizado um inquérito (questionário escrito) a um conjunto aleatório de hortas na área de Lisboa. Pretendeu-se fazer uma breve caracterização sociocultural e uma caracterização mais pormenorizada das práticas culturais, com incidência na rega e na fertilização. O questionário foi construído numa linguagem simples de modo a facilitar a sua compreensão pelos hortelãos. No decorrer do processo algumas perguntas tiveram que ser reformuladas de modo a estimular os hortelãos a refletir e responder. Apenas em dois casos o questionário foi preenchido pelo próprio hortelão.

O questionário contém três partes distintas: (i) Apresentação dos objetivos do estudo e do destino dos dados a recolher; (ii) Questões socioeconómicas para identificação do perfil do hortelão (sexo, idade, origem, situação atual, meios de formação e motivação principal para cuidar da horta) e da sua horta. Na secção sobre a horta pedem-se informações sobre a dimensão, o modo de produção, o destino da produção e as principais culturas instaladas; (iii) Questões sobre a atividade agrícola, com ênfase na gestão da rega e da fertilização. Inclui questões sobre a origem da água de rega, a frequência e o método de rega. Pretende também identificar as técnicas culturais utilizadas e as práticas de fertilização, especificando o produto aplicado, quantidade e frequência de aplicação (Anexo 2).

Foi necessário fazer uma adaptação “caso a caso” do inquérito original. O período de entrevistas abrangeu os meses de setembro a novembro de 2012. Procurou atuar-se em várias horas do dia e vários dias da semana, de modo a encontrar maior diversidade de hortelãos. Em dois casos foi obtido um único inquérito representativo de todos os ativos na mesma área (hortas comunitárias), em que as práticas adotadas pelos vários hortelãos não diferem de forma significativa. Após a submissão do inquérito nas Hortas de Granja, optou-se por diversificar a amostra de modo a incluir tipologias alternativas às hortas incluídas no Plano Verde de Lisboa. Muitas destas hortas estão equipadas com infraestruturas e estão sujeitas a regulamentação que limita os *inputs* e tendem a direcionar as práticas no sentido duma boa gestão ecológica, com oportunidade de aprendizagem e assistência (regulamento no Anexo 3), o que não é característico da maior parte das hortas urbanas. Inquiriu-se então a Horta do Monte, na freguesia de Graça, e algumas hortas na zona de Ajuda. A amostra ficou composta por 13 inquéritos embora, como referido, dois deles (na Ajuda e na Graça) sejam representativos de conjuntos de hortelãos. A Figura 4.3 mostra a localização das hortas inquiridas.



Figura 4.3 – Localização das hortas sujeitas a inquérito (fonte: <https://maps.google.com>).

Na freguesia da Graça visitou-se a Horta Comunitária do Monte, onde foi entrevistado o hortelão mais antigo acerca das práticas agrícolas, uma vez que a horta é comunitária. Com respeito aos aspetos sociais foi interrogado um dos porta-vozes da horta. Na freguesia de Benfica, visitaram-se algumas parcelas do Parque hortícola da Quinta da Granja. A população inquirida inclui um conjunto de quatro hortelãos que praticam a produção

biológica (Granja_Bio) e um conjunto de cinco hortelãos que aplicam a produção convencional (Granja_Conv). No Alto de Ajuda visitaram-se três hortas (Ajuda_Bio, Ajuda_Conv e Ajuda 3). As duas primeiras são geridas por um núcleo familiar, tendo sido inquirido um representante de cada. As duas parcelas são próximas, sendo a Ajuda_Bio gerida de forma biológica e a Ajuda_Conv de forma convencional. A Ajuda_3 encontra-se na mesma zona e é gerida de forma comunitária, de forma biológica, por um conjunto de imigrantes (Cabo Verdeanos). Na Figura 4.3 apresentam-se os mapas dos locais visitados para a recolha de informações por inquérito, com exceção da Horta Ajuda_3.

4.2.2 Breve caracterização das hortas inquiridas

Parque hortícola da Quinta da Granja (Fig. 4.4): localizado na freguesia de Benfica, tem 38 talhões, incluindo parcelas atribuídas por concurso e parcelas de hortelãos que já exerciam atividade há vários anos. Estas hortas, que foram reconvertidas de áreas agrícolas já existentes, dividem-se em parcelas com áreas entre 150 e 200 m², para um custo anual de 1.5 € m⁻², sobre o qual recai um desconto de 80% (Anexo 3).

O Parque é submetido às regras da CML que proíbem a utilização de pesticidas químicos, de veículos motorizados, a existência de abrigos móveis ou estufas. As regras promovem a agricultura biológica, a utilização prudente e racional da água e a reciclagem dos resíduos da exploração (Anexo 3). Nesta horta foram inquiridos nove hortelãos, os cinco que há muitos anos praticam produção são incluídos no conjunto Hortas Granja_Conv. Os restantes quatro, que pertencem ao conjunto das Hortas Granja_Bio, adquiriram um talhão por concurso público. Os dois conjuntos têm fontes de água para rega distintas, uma vez que apenas a Granja_Bio tem acesso à rede pública. Ambos os conjuntos têm casa de arrumo, e a Granja_Bio tem um compostor (Fig. 4.4).



Figura 4.4 – Em cima: Granja_Conv, em baixo: Granja_Bio.

Horta Comunitária do Monte (Graça) (Fig. 4.5): Existe há cinco anos e está instalada em terreno declivoso, antigo depósito de entulho de construção. Há dois anos foi integrada no projeto Horta Comunitária do Monte, que se autodefine como: “um projeto comunitário que visa promover estilos de vida mais saudáveis e sustentáveis nas cidades, através da prática de cultivo orgânico segundo os princípios da permacultura, criar e fortalecer laços entre as pessoas das mais diversas faixas etárias, onde a partilha e a transmissão de conhecimentos

aconteça.” (<http://hortadomonte.blogspot.pt/>). A área total de 1600 m² divide-se em cinco parcelas individuais e uma zona mais ampla de cultivo coletivo. Inclui também uma pequena parcela destinada a atividades de recreio. Dois dias por semana ocorrem “dias abertos” em que a comunidade colabora nos trabalhos de cultivo. É uma horta biológica gerida de forma comunitária, sendo muito focada em práticas específicas de permacultura. O destino da produção é o autoconsumo, sendo o excedente destinado à cozinha comunitária. A produtividade não é muito elevada especialmente devido ao roubo, pois o terreno não é vedado, mas também por limitações hídricas e às dificuldades em assegurar uma eficiente proteção das plantas. A baixa produtividade não afeta a Horta do Monte, pois a principal motivação relaciona-se com a coletividade e os aspetos sociais.



Figura 4.5 – Horta Comunitaria do Monte, freguesia de Graça.

Hortas da Ajuda (Fig. 4.6): Numa área compreendida entre o Polo universitário da Ajuda e a calçada de Boa Hora foram inquiridas três hortas, duas parcelas individuais geridas pelo agregado familiar (Ajuda_Conv e Ajuda_Bio) e uma área composta por vários talhões (Ajuda_3). No período de inquérito nenhuma destas hortas se encontrava em situação regulamentada, apresentando os hortelãos um elevado grau de autonomia na gestão das suas hortas. A zona de Ajuda diferencia-se também por haver integração dos sistemas hortícola e de produção animal (pombos, patos, aves, cabras e cavalos) o que se mostra relevante para a prática de fertilização dada a grande disponibilidade de estrume animal. A Horta Ajuda_Conv é gerida há cerca de 35 anos por três horticultores da mesma família e foi submetida a um regime de pagamento pela municipalidade, embora atualmente o destino deste espaço esteja a ser objeto de mudança. Caracteriza-se por uma gestão convencional, complementada por aplicação de estrumes originários da criação de aves. A Horta Ajuda_Bio é cultivada pelo mesmo hortelão há 40 anos, que pratica uma fertilização orgânica através de estrumação. A escolha motiva-se por questões de carácter económico e de elevada disponibilidade de estrumes.



Figura 4.6 – À esquerda a Horta da Ajuda_Conv e à direita a componente avícola na Ajuda_Conv.

A Ajuda_3 (Fig. 4.7) foi criada há um ano por um conjunto de imigrantes cabo verdeanos, atualmente desempregados, com a finalidade do autoconsumo. Apresenta gestão de subsistência, não tendo acesso a nenhuma fonte de água de rega para além da precipitação que é recolhida em depósitos. A particularidade desta horta associa-se às culturas instaladas, a bananeira, uma variedade cabo verdeana de feijoeiro e a cana-de-açúcar para fabrico do Grogue, aguardente tradicional de Cabo Verde. As bananeiras ocupam a horta e espaço junto às residências. Uma moradora afirmou que as bananeiras a frente do seu prédio produziram no ano passado 20 cachos que foram consumidos pela gente do bairro.



Figura 4.7 – À esquerda as parcelas hortícolas na Ajuda_3 e à direita as bananeiras instaladas junto dos prédios ao redor da horta.

4.2.3 Análise dos inquéritos

Houve dificuldade em obter informações, quer devido à relutância dos hortelãos em responder, quer devido à dificuldade em estimar e quantificar a gestão por eles praticada. Os resultados obtidos pretendem caracterizar padrões de gestão em horticultura urbana. Constatou-se que a maioria dos hortelãos não efetua rega ou fertilização adequadas a cada cultura, a não ser no caso de as plantas apresentarem sintomas de deficiências ou excessos. A gestão baseia-se na experiência própria em que as decisões são tomadas em resposta a uma avaliação visual do sistema solo-planta, às condições meteorológicas e a

disponibilidade e preços dos *inputs*. Por estas razões, os hortelãos não têm ideia precisa sobre a frequência e as dotações de rega e fertilizantes que aplicam.

O Agricultor: A totalidade dos entrevistados é do sexo masculino, embora no caso da Horta do Monte e na Ajuda_3 existam mulheres a cuidar das hortas. A idade média dos entrevistados é de 62 anos, variando entre 25 e 79 anos. A Horta do Monte é constituída por indivíduos jovens, na sua maioria com idades entre 25 e 35 anos. Cerca de 66% dos entrevistados consideram-se de origem urbana, enquanto os restantes afirmam ter origem rural. A Fig. 4.8 mostra a ocupação dos hortelãos entrevistados. Destaca-se o caso da Horta do Monte, que sendo composta maioritariamente por jovens, se coloca nas categorias dos empregados em setores não agrícolas e dos desempregados. No caso da Ajuda_3, todos os agricultores entrevistados estão desempregados. A Fig. 4.9 apresenta as diferentes motivações para cuidar da horta. Também neste caso destaca-se a Horta Comunitária do Monte que, desde a sua própria definição, apresenta uma clara motivação pró-ambiente. Apenas um hortelão fora desta horta apontou o aspeto ético-ambiental como motivação para exploração da horta. A totalidade dos hortelãos da Ajuda_3 apresenta como motivação o autoconsumo, uma vez que se encontram todos desempregados.

A Horta: O destino da produção na totalidade dos casos considerados é o autoconsumo. O sistema é sempre uma policultura, ou seja, todos pretendem cultivar poucas plantas mas de diferentes variedades. Existe uma tal variedade que não é possível um levantamento exaustivo das culturas instaladas. Destacam-se as culturas da abóbora, alface, batata, cebola, couve, fava e tomate como as mais frequentes. Em alguns casos pontuais encontraram-se árvores de fruto: na Granja o pessegueiro, na Graça uma fruteira comum nos trópicos, na Ajuda_Bio a figueira e na Ajuda_3 a bananeira. Na Granja_Bio houve um caso em que foi semeada uma leguminosa para siderar para adubação verde. No caso da Graça existiam plantas ornamentais. O caso mais particular é o da Ajuda_3, onde se cultiva a cana-de-açúcar, a bananeira, a mandioca e o milho e onde se pretende experimentar no próximo ano as culturas do café e da manga. Em alguns casos admitiram que se o verão for muito seco é possível que o terreno fique descoberto nos meses de maior calor. No entanto, onde a água não é um fator limitante, o campo fica o ano todo em cultivo. A dimensão média das parcelas é de 163 m². No cálculo da média teve um peso importante a Granja, que apresenta talhões com dimensão mais uniforme e padronizada, entre 150 e 200 m².

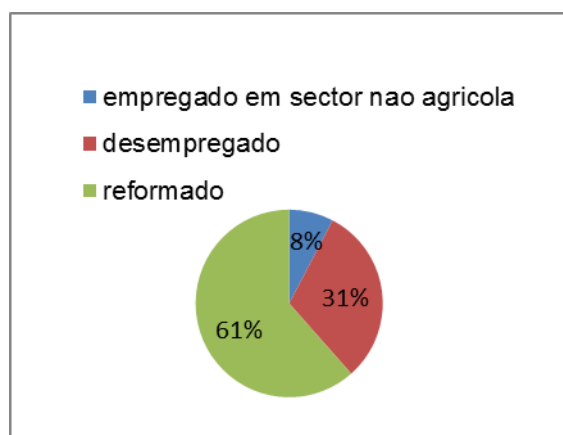


Figura 4.8 - Ocupação dos hortelãos.

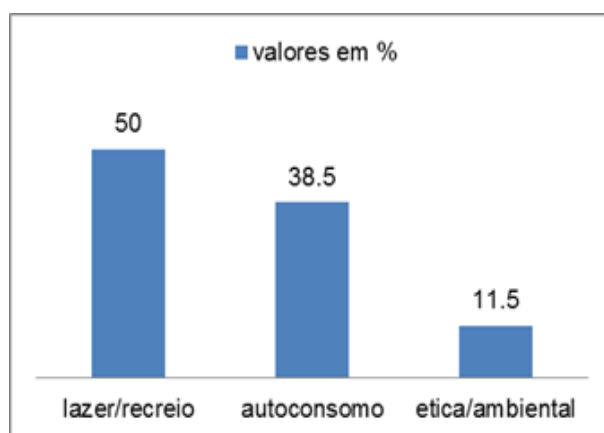


Figura 4.9 - Motivação para exploração da horta.

A Fig. 4.10 mostra os pesos relativos dos modos de produção biológico e convencional.

A Fig. 4.11 mostra o destino que os hortelãos dão aos resíduos culturais.

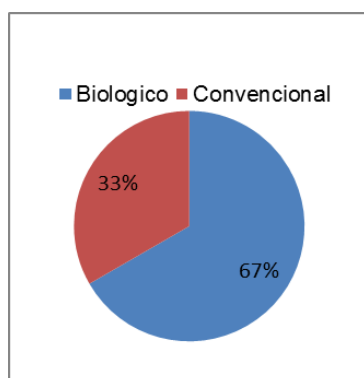


Figura 4.10 – Modo de produção.

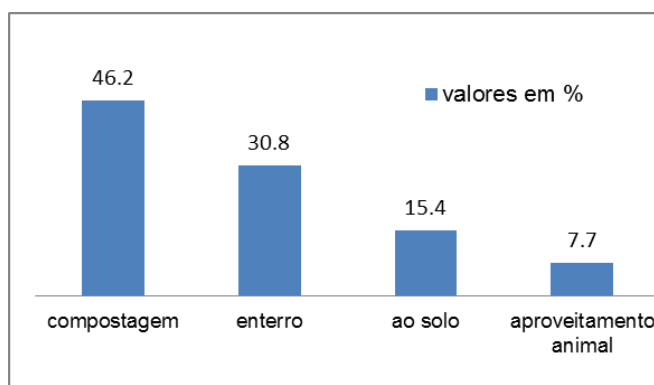


Figura 4.11 – Gestão dos resíduos culturais.

Em nenhuma das hortas inquiridas a fertilização é feita apenas com recurso a produtos químicos, há sempre um complemento com estrumações.

As Técnicas culturais: Nenhum dos hortelãos aplica na sua horta um sistema de rotação cultural propriamente dito, embora tenham referido ter um certo cuidado em relação ao período de retorno das culturas ao solo, evitando repetir a mesma cultura no mesmo terreno durante muitos anos. Não existem estufas ou túneis, mas sim sistemas de tutoragem simples para suporte de plantas trepadeiras. A lavoura é feita a uma profundidade de 50 cm nos casos da Granja e Ajuda, enquanto os agricultores na Ajuda_3 trabalham o solo até aos 20 cm. Todos os trabalhos de mobilização são feitos apenas com recurso à enxada, não existindo nenhum tipo de mecanização. As técnicas de cobertura do solo são praticamente inexistentes. Apenas no caso da Ajuda_Bio cobrem o solo com palha nas áreas de viveiro, para proteção contra ataques de pássaros.

A Rega: A água para rega representa o maior fator limitante para a grande maioria dos casos inquiridos. No caso da Ajuda_3 não existe fonte de água de rega para além da

precipitação. A Horta do Monte depende do aprovisionamento externo. Uma constante em todas as hortas visitadas, e uma das características associadas às hortas urbanas, é a presença de um grande número de depósitos para recolha da água no período de precipitações (Fig. 4.12). No caso da Horta do Monte, a CML fornece semanalmente água, que é armazenada em quatro depósitos de capacidades entre 500 e 1000 L. Os hortelãos consideram insuficientes as quantidades fornecidas e afirmam que a frequência é irregular. Alguns hortelãos desenvolveram técnicas, muitas de derivação da permacultura, para suprir esta falta. Destaca-se a criação de um sistema de recolha da precipitação através depósitos semi-enterrados (material reciclado do lixo, por exemplo banheiras) que estão posicionados de modo a que a água da chuva se desloque por gravidade entre reservatórios.



Figura 4.12 – Técnicas de gestão da rega aplicadas nas hortas: à esquerda um deposito de recolha de água da chuva, no centro um jarro enterrado contendo água e à direita a rega gota a gota.

Outra técnica consiste no enterramento de potes de barro entre duas plantas na linha, que são preenchidos com água e tapados com uma pedra de forma disponibilizar gradualmente a água, humedecendo o terreno à sua volta (Fig. 4.12). A Horta da Graça diferencia-se por ser o único caso em que existe um sistema de rega gota-a-gota, construído artesanalmente com garrações reciclados (Fig. 4.12). Na Ajuda_3 regam apenas no verão, chegando a trazer água canalizada da habitação, quando a chuva armazenada não é suficiente.

A informação acerca das práticas de rega é mais consistente nos casos em que, para além do armazenamento da pluviometria, existe uma fonte de água (Granja e Ajuda, Fig. 4.13). As Hortas da Ajuda utilizam a mesma fonte de água que é uma mina de acesso particular, de onde a água é retirada com um motor. Na Ajuda_Bio a água é bombada e aplicada diretamente no solo por mangueira. Na Ajuda_Conv a água é bombada para depósitos de armazenamento, sendo a rega efetuada com recurso a baldes.



Figura 4.13 – Mina utilizada pela Hortas de Ajuda_Bio e Ajuda_Conv.

Os hortelãos referiram que, no passado, a água da mina foi analisada sendo de boa qualidade, embora com teores elevados de ferro e cálcio. Na Quinta da Granja as fontes de água para rega são diferentes para as duas modalidades de produção. Na Granja_Bio cada parcela é dotada de água canalizada da rede pública e o método de rega utilizado é o de alagamento com recurso à mangueira. Neste caso a água de rega não é fator limitante, podendo os agricultores contar com uma fonte segura, sempre disponível e de aproveitamento imediato. O conjunto de agricultores da Granja_Conv possui três fontes de água, dois poços e uma mina (Figura 4.14). No caso da mina a água é bombada e armazenada em depósitos. No caso dos poços a água é coletada em baldes. Nesta situação a técnica da rega é também a de alagamento mas com recurso a baldes.



Figura 4.14 – Granja Conv: em cima a mina e em baixo um dos poços.

Tentou individualizar-se o padrão de gestão de rega mais frequente para as Hortas da Granja e da Ajuda. Trata-se apenas de uma estimativa, uma vez que, na prática, há um ajustamento em função das condições meteorológicas, do aspeto das plantas e da disponibilidade e custo de utilização da água.

Os resultados dos inquéritos apontam para as frequências semanais médias apresentadas na Fig. 4.15. Estes valores referem-se à Granja e à Ajuda, uma vez que os hortelãos da Hortas do Monte e da Ajuda_3 não conseguiram estimar um padrão médio. Os hortelãos identificam a sementeira e o período estival como os momentos de maiores necessidades, quando a rega é de crucial importância.

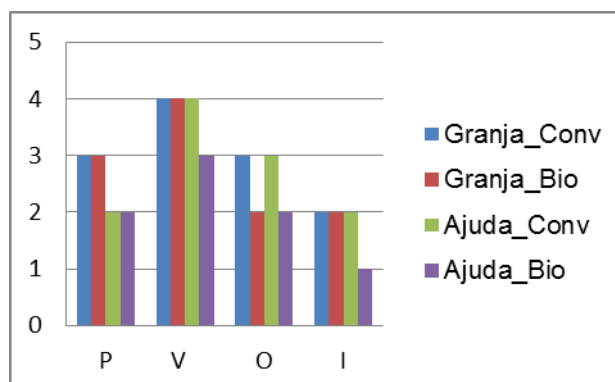


Figura 4.15 – Frequência de rega semanal, por estação, aplicadas em Granja e Ajuda, nas duas modalidades de produção.

A Fertilização: A maioria dos hortelãos entrevistados pratica a fertilização biológica e nos casos em que a gestão é convencional nunca é feita apenas com produtos químicos. Nas hortas de produção biológica (Graça, Ajuda_3, Ajuda_Bio e Granja_Bio) a fertilidade do solo é mantida por aplicação de composto com varias origens (Fig. 4.16).

Nas Hortas da Graça e da Granja o composto tem origem sobretudo em desperdícios alimentares e resíduos vegetais. A Horta do Monte gere a fertilização apenas com recurso a composto orgânico e incentiva os residentes do bairro para contribuir com restos caseiros e da jardinagem para a pilha de compostagem presente no local, que é de livre acesso.

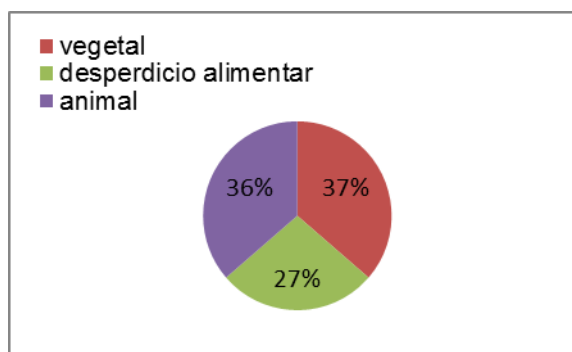


Figura 4.16 – Origem do composto aplicado nas hortas inquiridas.

As parcelas da Granja_Bio estão equipadas com um compostor fornecido pela Valorsul¹ (Figura 4.17) e os hortelãos frequentaram um curso de formação e possuem um manual de compostagem. A compostagem é frequentemente complementada com uma estrumação, na maioria dos casos com estrume de cavalo adquirido em sacos de 10 kg em lojas de jardinagem. As parcelas da Granja_Conv não dispõem de compostor, embora os hortelãos se tenham apresentado nos cursos de formação. A compostagem tem origem em resíduos culturais, excetuando um caso que também inclui desperdícios alimentares. No que diz respeito à fertilização química, todos aplicam adubo granulado Foskamónio, na maior parte dos casos numa única aplicação na fase jovem da planta, através de incorporação no terreno com recurso à enxada. Apenas dois agricultores repartem a dose utilizada em duas aplicações, a primeira na sementeira e uma segunda aplicação de cobertura. A Ajuda_Bio fertiliza por estrumação, que o próprio hortelão admitiu aplicar em grandes quantidades. A origem do estrume é muito variável, podendo ser de cavalo, galinha e ovelha da própria exploração ou de explorações ao redor, sendo os resíduos vegetais destinados à alimentação animal. Na Ajuda_Conv é aplicada uma fertilização orgânica incorporando na primavera, nos sulcos preparados para a sementeira, um composto vegetal, estrume de cavalo e um composto de estrume de galinha e de ovelha. Para além disso ainda é aplicada uma fertilização mineral incorporando no terreno com recurso a enxada, o adubo Nitrolusal 20.5, cerca de 20 dias após emergência de cada cultura. A dose de fertilizante é quantificada com base num contentor (lata de atum), aplicando-se um volume por cada oito couves. A Horta da Graça é acompanhada por cursos de formação comunitária com particular atenção à sustentabilidade ambiental e motivada por princípios de permacultura. As Hortas da Granja tiveram acesso a alguns cursos e material. Nas Hortas da Ajuda não tiveram acesso a nenhum tipo de formação. A totalidade dos entrevistados escolhe por si as modalidades de rega e fertilização a adotar.

¹ A Valorsul é a empresa responsável pelo tratamento e valorização dos resíduos urbanos produzidos em 19 Municípios da Grande Lisboa e da Região Oeste.



Figura 4.17 – Compostor na Horta Comunitária do Monte (à esquerda), compostagem numa das parcelas de Granja_Conv (à direita).

A análise dos inquéritos apresentada serviu para (i) selecionar algumas hortas com a finalidade de simular os processos de rega e de fertilização através do RZWQM e (ii) obter dados de campo necessários para a calibração dos parâmetros necessários ao modelo (Capítulo 5). Finalmente, as hortas selecionadas como casos de estudo foram as da Granja e da Ajuda, nas modalidades de produção biológica e convencional. Para além deste critério, pesou na escolha a representatividade e a consistência das informações obtidas. As Horta da Graça e uma da Ajuda ficaram excluídas da modelação uma vez que a informação sobre as práticas de rega e de fertilização não foi consistente. As hortas escolhidas são interessantes por representarem duas tipologias diferentes frequentemente encontradas na cidade de Lisboa (Capítulo 3). Por um lado as Hortas da Granja, inserindo-se no contexto de Parque Hortícola da Quinta da Granja, são mais conhecidas e têm acesso a algumas facilidades e a momentos de formação e as práticas de gestão estão, de algum modo, limitadas às normas estabelecidas pela CML. Por outro lado, nas Hortas de Ajuda, os hortelãos têm total autonomia nas opções de gestão e há integração entre os sistemas de produção hortícola e animal, o que influencia a prática de adubação usada. Aos casos de estudo acima referidos junta-se uma parcela experimental em hortas no *campus* do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), onde haviam sido instalados pelo Núcleo de Águas Subterrâneas dispositivos para colheita de dados referentes à qualidade da água do solo a diferentes profundidades, pelo que os resultados da modelação puderam ser confrontados com dados experimentais.

4.3 OS CASOS DE ESTUDO: HORTAS DA GRANJA, DA AJUDA E DO CAMPUS DO LNEC

4.3.1. Materiais e métodos para a parametrização das características das Hortas

4.3.1.1 Recolha de dados meteorológicos e preenchimento de falhas

Os dados meteorológicos diários necessários ao cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método da FAO 56 (Allen *et al.*, 1998) (temperatura máxima e mínima do ar,

velocidade do vento, humidade relativa, n.º de horas de sol) e ainda a precipitação, foram obtidos para o período de 1 de janeiro 2011 a 16 de janeiro 2013, na Estação Meteorológica da Tapada da Ajuda (EMTA) (38° 42' N; 9° 11' W; altitude: 60 m). A precipitação diária para o período de 1 de fevereiro 2012 até 15 de março de 2013 foi obtida na estação udométrica presente no LNEC que está a cargo do seu Núcleo de Engenharia Sanitária (NES). Uma vez que se verificou a ocorrência de falhas nos dados obtidos na EMTA utilizou-se um método de preenchimento de falhas recorrendo a uma estação meteorológica “amadora” localizada em Monsanto² (38° 42'35" N; 9° 11'46" W; altitude: 108.3 m). Segundo Matias (2005), pode recorrer-se à técnica da regressão linear simples de x sobre y quando se pretende estimar entre 5 a 10 % de um registo, o que se verificava no nosso caso. Neste método, os valores em falha são estimados através da equação da reta: $\hat{y}_i = a + b x_i$, sendo \hat{y}_i os valores da variável meteorológica estimados para a EMTA, X_i os valores da variável meteorológica da estação conhecida e a e b parâmetros da recta obtidos pelo método dos mínimos quadrados. O Quadro 4.1 apresenta as regressões obtidas para cada uma das variáveis meteorológicas.

Quadro 4.1 - Regressões simples obtidas para cada uma das variáveis meteorológicas

Variável	R ²	Regressão
Temperatura máxima	0.92	$\hat{y}_i = 1.0652 X_i - 0.7868$
Temperatura mínima	0.90	$\hat{y}_i = 0.8266 X_i + 3.0235$
Humidade relativa	0.91	$\hat{y}_i = 0.9508 X_i + 2.1671$

4.3.1.2 Recolha e tratamento de dados relativos ao solo

Para a determinação de algumas propriedades físicas e químicas dos solos das hortas em estudo foram colhidas as seguintes amostras de solo representativas da camada 0 – 30 cm, com duas ou três repetições.

a) Em dois talhões da Horta da Granja no dia 1/11/2012 e dois talhões da Horta da Ajuda, no dia 5/11/2012 colheram-se:

- Amostras perturbadas para a determinação da granulometria;
- Amostras não perturbadas, em cilindros metálicos com 6.5 de diâmetro e 8.5 cm de altura, para determinação da densidade aparente do solo, D_{ap} ;
- Amostras não perturbadas, em cilindros metálicos com 3 cm de altura e 5 cm de diâmetro para determinação do teor de água na capacidade de campo, θ_{cc} e do teor de água no

² Link para aceder à informação da Estação Meteorológica de Ajuda, Monsanto:

<http://www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=IAJUDALI2&day=21&year=2012&month=3&graphspan=week>

coeficiente de emurchecimento, θ_{CE} .

As análises laboratoriais para determinação da granulometria, D_{ap} , θ_{CE} e θ_{CC} foram efetuadas no laboratório de pedologia do Instituto Superior de Agronomia (ISA), com recurso aos seguintes métodos: Granulometria - a fração areia grossa (2 – 0.2 mm) foi quantificada por crivagem, a areia fina (0.2 – 0.02 mm) por sedimentação e decantação, e o limo (20 – 2 μ m) e a argila (<2 μ m) por pipetagem. Percentagem de água retida a 10 e a 1500 kPa - foi determinada em placas cerâmicas de pressão, com um equipamento extrator da Soil Moisture Equipment Co.

b) Em dois talhões da Horta da Granja (1/11/2012), dois talhões da Horta da Ajuda (5/11/2012) e um talhão da Horta do LNEC (8/11/2012) colheram-se amostras perturbadas compostas para a determinação da matéria orgânica do solo e do teor de azoto mineral.

A determinação da m.o. e do N no solo foi efetuada no laboratório 10 de Química do ISA. A determinação dos azotos foi realizada por extração com KCl e posterior quantificação por espectrofotometria de absorção molecular (Maynard e Kalra, 1993). A determinação do carbono foi realizada por oxidação por via húmida (Tiessen e Moir, 1993).

c) Num talhão da Horta do LNEC (6/2/2013) colheram-se quatro amostras de solo perturbadas, nas camadas 0-15 cm, 5-20 cm, 10-25 cm e 15-35 cm de profundidade. No Laboratório do NAS/DHA/LNEC foi efetuada a análise granulométrica e determinou-se a porosidade, a densidade específica aparente e a permeabilidade. Os métodos utilizados e os respetivos resultados encontram-se pormenorizados no Anexo 4.

4.3.1.3 Recolha de dados relativos à água de rega

Quantificação das dotações de rega: quando a rega é frequentemente aplicada com recurso a mangueira procedeu-se à medição de caudais *in situ* com recurso ao método volumétrico, ou seja, mediu-se o tempo necessário para preencher um balde de volume conhecido. Na Granja_Bio foi feita uma medição no dia 1/11/2012 e na Ajuda_Bio no dia 5/11/ 2012. No *campus* do LNEC a dotação de rega foi medida em diferentes períodos.

Teor de N-NO₃ na água de rega: foram colhidas amostras de água de rega em garrafas de plástico. Na Granja foi colhida (1/11/2012) uma amostra da rede pública de um talhão aleatório de entre aqueles onde se pratica a produção biológica. Nas hortas de gestão convencional foram amostrados, no mesmo dia, um poço e uma mina. Nas Hortas da Ajuda, que recorrem à mesma fonte, foi colhida uma amostra. As amostras foram analisadas no Laboratório de Química do ISA (Lab n.º 9), onde foi determinada a concentração em N-NO₃ com recurso ao método do eletrodo seletivo. No LNEC o teor de nitrato na água de rega foi medido em Lobo Ferreira *et al.* (2013), em amostras recolhidas em diferentes poços e furos

existentes no *campus*.

4.3.1.4. Recolha de dados experimentais nas Hortas do LNEC

Para a recolha de amostras da solução do solo e posterior determinação da concentração de nitratos com recurso ao método do eléctrodo de ião específico, foram instaladas cápsulas porosas às profundidades de 30 e 60 cm (Fig. 4.18), segundo a metodologia descrita no Anexo 4. A colheita foi efetuada pelo NAS/LNEC com uma periodicidade semanal durante o período estival (31/05/2012 até 6/07/2012) e no período invernal (15/11/12 até 14/2/13).



Figura 4.18 – Cápsulas porosas. LNEC.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS HORTAS “CASOS DE ESTUDO”

Para cada uma das hortas eleitas “casos de estudo”, apresenta-se seguidamente a caracterização no que diz respeito ao solo, água e N, com base nos Quadros 4.2 e 4.3 que apresentam os resultados dos trabalhos experimentais descritos em 4.3.1. Em segundo lugar, com base na caracterização anterior e nos resultados dos inquéritos, é elaborado um exemplo dos cálculos efetuados para estimar as dotações de rega e fertilização aplicadas. Finalmente é feita uma breve apresentação dos cenários a serem utilizados na modelação.

4.4.1 Solos, água e N

Verifica-se no Quadro 4.2 que a Horta Ajuda_Bio apresenta, segundo Alves (1986), um teor de m.o. alto, enquanto as restantes apresentam teores médios (Granja_Conv e LNEC) e baixos (Granja_Bio). Estes valores apresentam a mesma ordem de grandeza dos apresentados por Howorth (2011) para outras hortas de Lisboa. O teor de N mineral, mostra valores mais elevados para a Ajuda_Bio, provavelmente devido ao facto de a estrumeação desta horta ser feita com uma mistura de baixa C/N (13), disponibilizando N muito rapidamente.

Quadro 4.2 – Resultados relativos ao N no solo e na água de rega

Amostra	N mineral mg kg ⁻¹	m.o. %	NO ₃ ⁻ na água de rega (mg L ⁻¹)
Granja Bio	4.8	0.9	< 5 (rede publica)
Granja Conv	6.6	2.4	83.5 (mina) e 66.8 (poço)
Ajuda Bio	97.7	6.2	46.8 (mina)
Ajuda Conv	11.2	3.0	46.8 (mina)
LNEC_TL	10.8	2.1	3.8 (Poço P1(CF), LNEC)

Quadro 4.3 – Propriedades físicas dos solos

Amostra	Areia	Limo	Argila	Classe Textural	D _{ap}	θ _{CE}	θ _{CC}
	g kg ⁻¹				g cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³
Granja_Bio	575	173	252	Franco-Argilo-Arenoso	1.6	0.151	0.238
Granja_Conv	755	121	124	Franco-Arenoso	1.6	0.056	0.176
Ajuda_Bio	440	233	328	Franco-Argiloso	1.2	0.132	0.288
LNEC_TL	663	303	34	Franco-Limoso	1.4	0.085	0.263

Estes resultados indicam que os solos das Hortas da Ajuda são os mais férteis. O teor de nitratos na água ultrapassa ou iguala o valor máximo admissível por lei (Decreto lei n. 236/98) nas fontes de água das Hortas Granja_Conv e da Ajuda respetivamente, o que se associa à gestão da rega e fertilização praticada.

O Quadro 4.3 mostra que os solos pertencem a classes texturais diferentes, sendo os de textura mais pesada os da Ajuda e o de textura mais ligeira o da Granja_Conv. No entanto, para a melhor compreensão do movimento da água e do transporte do N, foram estimadas as propriedades hidrodinâmicas com base nos métodos que serão apresentados no Cap. 5.

Verifica-se que os solos da Ajuda apresentam, como era de esperar dada a sua textura franco-argilosa, valores elevados de θ_s ($h = 0$ cm), θ_{CC} ($h = 300$ cm) e θ_{CE} ($h = 15\,000$ cm). Este comportamento da curva de retenção (Figura 4.19a.) confere-lhe elevada capacidade de armazenamento para a água, que por metro de solo é calculada como:

$$(\theta_{CC} - \theta_{CE}) \times 100 \times 10 = (0.37 - 0.132) \times 100 \times 10 = 238$$

Relativamente à Fig. 4.19b) nota-se que o solo da Ajuda apresenta menor K_s , mas maior K não saturada, associada às propriedades de retenção. Tem também grande importância no comportamento hidrodinâmico do solo, o valor da pressão para a qual a condutividade começa a decrescer, designada de pressão de entrada de ar, que no caso dos solos da Ajuda apresenta o maior valor. Os solos da Granja apresentam menores θ_s , θ_{CC} e θ_{CE} .

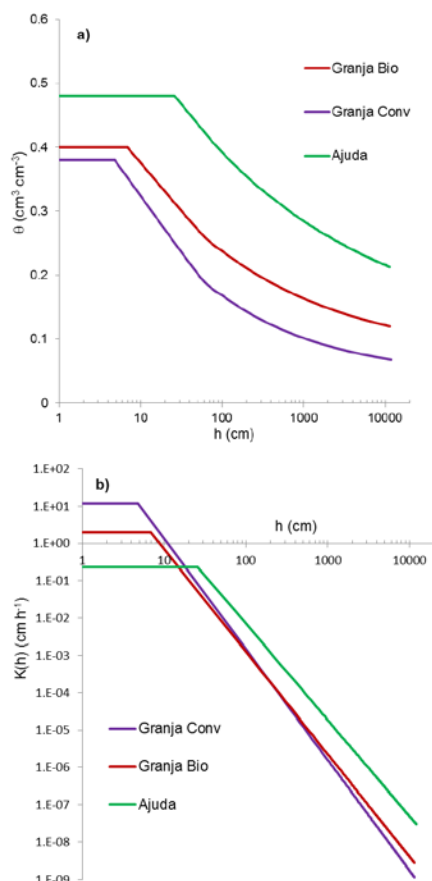


Figura 4.19 – Propriedades hidrodinâmicas dos solos das hortas analisadas.

O declive da curva de retenção é elevado, significando que drenam rapidamente para pressões relativamente baixas. As capacidades de armazenamento de água por cada metro de profundidade, para os solos da Granja_Bio e da Granja_Conv são 90 mm e 120 mm. Também a sua curva $K(h)$ apresenta maiores declives que os solos da Ajuda, significando que apesar de apresentarem K_s mais elevados, a sua condutividade não saturada decresce mais rapidamente, em resultado da evolução da curva de retenção. De acordo com o exposto interessa concluir que os solos da Granja apresentam, ao contrário dos solos da Ajuda, elevado potencial de perdas por drenagem profunda e em consequência, de perdas de N por lixiviação. Os solos da Ajuda tenderão a manter o teor de água sempre muito elevado, apresentando algum potencial para escoamento superficial.

4.4.2 Práticas de gestão: dotações de rega e de fertilização

As informações recolhidas pelos inquéritos foram processadas com o objetivo de se estimarem as dotações de rega que poderiam ser consideradas representativas do conjunto das hortas inquiridas. Apresentam-se seguidamente dois exemplos de cálculo.

a) Rega por alagamento com baldes: exemplo de cálculo referente à Granja_Conv:

Em cada rega aplicam-se 30 reservatórios de 15 L na área de 50 m^2 , logo a dotação de rega foi calculada como:

$$D = \frac{30 \times 15 \text{ L}}{50 \text{ m}^2} = 9 \text{ mm}$$

b) Rega por alagamento com mangueira: exemplo de cálculo referente à Granja_Bio:

Em cada rega aplica-se um caudal de 1.0 L s^{-1} durante 0.25 h numa área de 150 m^2 , logo a dotação de rega foi calculada como:

$$D = \frac{1 \text{ L s}^{-1} \times 0.25 \text{ h} \times 3600 \text{ s}}{150 \text{ m}^2} = 6 \text{ mm}$$

A Fig. 4.20 apresenta as dotações semanais de rega para os quatro casos de estudo, em comparação com a ET_0 semanal. Maiores detalhes apresentam-se no Anexo 5. A análise da Fig. 4.20 mostra que as menores dotações correspondem às Hortas da Ajuda, que apresentam solos de textura pesada e com baixa drenagem. Nos solos permeáveis das Hortas da Granja os hortelãos tendem a aplicar mais água.

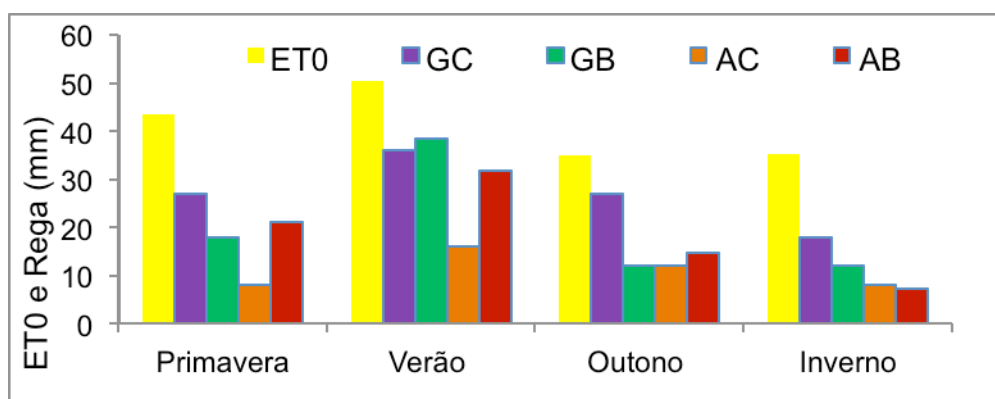


Figura 4.20 – Dotações semanais de rega nas hortas “caso de estudo” e comparação com valores semanais de ET_0 .

Com base na análise dos inquéritos verificou-se que eram aplicadas misturas com diferentes origens, tais como animal (estrupe de galinha, cavalo, ovelha), vegetal (resíduos de culturas) e desperdícios alimentares. Com base nas características dos diferentes materiais obtidas na bibliografia (Quadros 5.5 e 5.6, Anexo 5), tais como a massa volúmica, o teor em água, as percentagens de C e N, foi elaborado o cálculo das características dos compostos resultantes, que se apresentam no Anexo 5. Apresenta-se um exemplo de cálculo para a fertilização orgânica aplicada na Granja_Bio e um exemplo da fertilização mineral aplicada na Ajuda_Conv.

a) Exemplo de cálculo da fertilização orgânica para a Horta da Granja_Bio

Na Granja_Bio aplica-se um composto em partes iguais de estrupe de cavalo, galinha e ovelha na quantidade de 2 kg m^{-2} , que é misturado com outro composto na quantidade de 2 kg m^{-2} , em partes iguais, de resíduos vegetais e desperdícios alimentares. O composto final é incorporado nos sulcos preparados na primavera para a sementeira na quantidade de $40.000 \text{ kg ha}^{-1}$ para o ano cultural. Assim, calculou-se o volume relativo de cada componente da fertilização orgânica, considerando as informações da origem dos compostos aplicados, apresentados no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Características dos compostos da fertilização orgânica aplicada na Ajuda_Conv.

	$\rho \text{ (Kg m}^{-3}\text{)}$	% Água	%C	%N	C/N
Cavalo	950	72	43	1.6	27
Galinha	550	53	52	5.4	9.6
Ovelha	1000	69	39	2.7	14

Apresenta-se seguidamente um exemplo de cálculo para a componente estrupe de cavalo:

$$\text{Massa aplicada} = (2 \text{ kg m}^{-2} \div 3) \times 10000 = 6667 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{Volume aplicado} = \frac{6667}{950} = 7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$\text{Massa de água} = 7 \times 0.72 \times 1000 = 5053 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{Massa seca} = 6667 - 5053 = 1614 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{Massa de C} = 1614 \times 0.43 = 694 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$\text{Massa de N} = 1614 \times 0.016 = 26 \text{ kg ha}^{-1}$$

O mesmo procedimento foi utilizado no cálculo das outras componentes da fertilização aplicada. Os valores a respeito do composto final aplicado foram obtidos através do cálculo da média ponderada (Quadro 5.10, Anexo 5). Em seguida refere-se um exemplo para o cálculo da razão C/N do composto final aplicado, sendo:

$$\frac{C}{N} = \frac{(7 \times 27) + (12 \times 9.6) + (7 \times 14) + (11 \times 10.9) + (10 \times 14.8)}{(7 + 12 + 7 + 11 + 10)} = 14.3$$

b) Fertilização mineral: exemplo de cálculo referente à Ajuda_Conv:

Aplicação de um recipiente (lata de atum) cheio de fertilizante Nitrolusal por cada oito couves. Mediu-se o volume do contentor utilizado e o compasso utilizado na instalação da cultura da couve. A quantidade aplicada, Q, em kg ha⁻¹, calcula-se como:

$$Q = \frac{3.14 \times 0.03^2 \text{ m}^2 \times 0.03 \text{ m} \times 900 \text{ kg m}^{-3} \times 10\,000}{0.25 \text{ m} \times 0.75 \text{ m} \times 8 \text{ plantas}} = 507 \text{ kg ha}^{-1}$$

Uma vez que o fertilizante doseia 20.5 de N, repartido igualmente pelas formas amoniacal e nítrica, temos 103 kg ha⁻¹ de N, dos quais 51 kg ha⁻¹ na forma nítrica e 51 kg ha⁻¹ na forma amoniacal.

4.4.3 Síntese das Hortas “Casos de estudo”

Granja_Bio: a parcela apresenta uma área de 150 m², o solo é de textura Franco-Arilo-Arenoso, com permeabilidade moderada e teor de m.o. baixo. A fonte de água é a rede pública, livre de nitratos. A rega é aplicada com mangueira em dotações e frequências diferentes conforme a prática do hortelão. O composto obtido a partir de resíduos vegetais e desperdícios alimentares acumulados no compostor, adicionados a uma mistura de estrume de cavalo, galinha e ovelha. O composto resultante da mistura é incorporado nos sulcos preparados para a sementeira de primavera.

Granja_Conv: a área média é de 160 m², com um solo de textura Franco-Arenosa de elevada permeabilidade, sendo o teor de m.o. de cerca de 2.4%. Na área da horta existem dois poços e uma mina, ambas com um teor de nitratos na água superior ao limite de 50 mg L⁻¹ (Decreto lei 235/97 de 3 setembro). A rega é efetuada por alagamento com recurso a baldes, sendo a dotação e a frequência de rega ajustadas caso a caso. A fertilização

orgânica é feita incorporando no terreno, em pré-sementeira, um composto de estrume de cavalo, desperdícios alimentares e resíduos vegetais. Para além disso, os agricultores aplicam uma fertilização com Foskamónio na fase jovem da planta (cerca de 20 dias após emergência), que é incorporada no solo com recurso à enxada.

As Hortas da Ajuda (Bio e Conv) partilham a mesma fonte de água para a rega, que é uma mina com teor de nitratos na água muito próximo do limite permitido por lei (Decreto lei 235/97 de 3 setembro). Também os solos das duas Hortas da Ajuda são idênticos, apresentando textura franco-argilosa com elevada capacidade de retenção de água. O teor de matéria orgânica é de 6.23% no caso da Ajuda_Bio e 3% para a Ajuda_Conv. A rega é efetuada por alagamento através da mangueira no caso da gestão biológica e através de baldes na gestão convencional. No que diz respeito à fertilização, as Hortas da Ajuda caracterizam-se por uma abundante estrumação, sendo frequente a integração de uma componente animal de pequeno porte. A fertilização na Ajuda_Bio é feita incorporando no solo, na primavera, uma mistura em partes iguais de estrume de cavalo, galinha e ovelha, enquanto que na Ajuda_Conv aplica-se, em fundo na primavera, composto vegetal, estrume de cavalo e um composto de estrume de galinha e de ovelha. Para além disso, na Ajuda_Conv é realizada uma fertilização mineral, incorporando no terreno com recurso a enxada, o adubo Nitrolusal 20.5, cerca de 20 dias após emergência de cada cultura.

A estas quatro hortas junta-se uma Horta do *campus* do LNEC, que representa o cenário de referência na modelação uma vez que se dispõe de séries temporais de observações de N na solução do solo. As Hortas no *campus* do LNEC nasceram por iniciativa dos trabalhadores da referida instituição, consistindo numa das propostas que ganhou um prémio no concurso DHA_Solidario (cf. <http://solidario.dha.lnec.pt/>). A instalação das hortas foi feita no dia 31 de Março de 2012, em que vários trabalhadores, familiares e amigos participaram. Instalaram-se 16 parcelas de 25 m² cada, sendo a área total destinada ao cultivo de 400 m². A área hortícola encontra-se no *campus* do LNEC, situado na parte norte de Lisboa, na freguesia de Alvalade, ocupando uma área aproximada de 22 hectares entre a Av. do Brasil, a sul, e a 2.ª Circular, a norte - Figura 4.21 (Lobo Ferreira *et al.*, 2013).

Dentro da área hortícola do *campus* do LNEC, considerou-se a parcela TL, com solo de textura Franco-Limosa. A rega foi aplicada no período da primavera/verão (22/05/2012 a 6/07/2012), sendo a frequência e a dotação ajustada conforme a meteorologia e observação visual. Regou-se com água proveniente de um poço P1(CF) que, de acordo com Lobo Ferreira *et al.* (2013), se situa a uma profundidade de 39 m e tem um teor em nitratos de 3.8 mg L⁻¹ (Fig. 4.22). Realiza-se uma adubação química de cobertura, sendo aplicado, no período de primavera/verão, o dobro do fertilizante aplicado no outono/inverno. Ao princípio

do mês de dezembro 2012, aplicou-se estrume de cavalo em cobertura, incorporado no terreno com recurso à enxada.



Legenda:

A - Edifício Arantes e Oliveira (Edifício Principal)
B - Edifício Calouste Gulbenkian (Dep. de Geotecnia)
C - Edifício Manuel Rocha
D - Edifício Fernando Abecassis (Dep. de Hidr. e Amb.)
E - Edifício Ferry Borges (Departamento de Estruturas)
F - Departamento de Transportes
G - Instrumentação Científica
H - Hidráulica Sanitária

I - Departamento de Madeiras
J - Ensaios de Componentes
L - Departamento de Estruturas (túnel aerodinâmico)
M - Laboratórios de Ensaios
N - Sala de Atividades
O - Infantário
P - Edifício de Apoio Social
PHM - Pavilhão da Hidráulica Marítima (PHM)
PPL - Pavilhão do Porto de Lisboa

Figura 4.21 – À esquerda, localização do *campus* do LNEC, a seta = local de instalação das hortas; ao centro, fotografia da área hortícola do *campus* do LNEC; à direita, culturas instaladas na parcela TL.

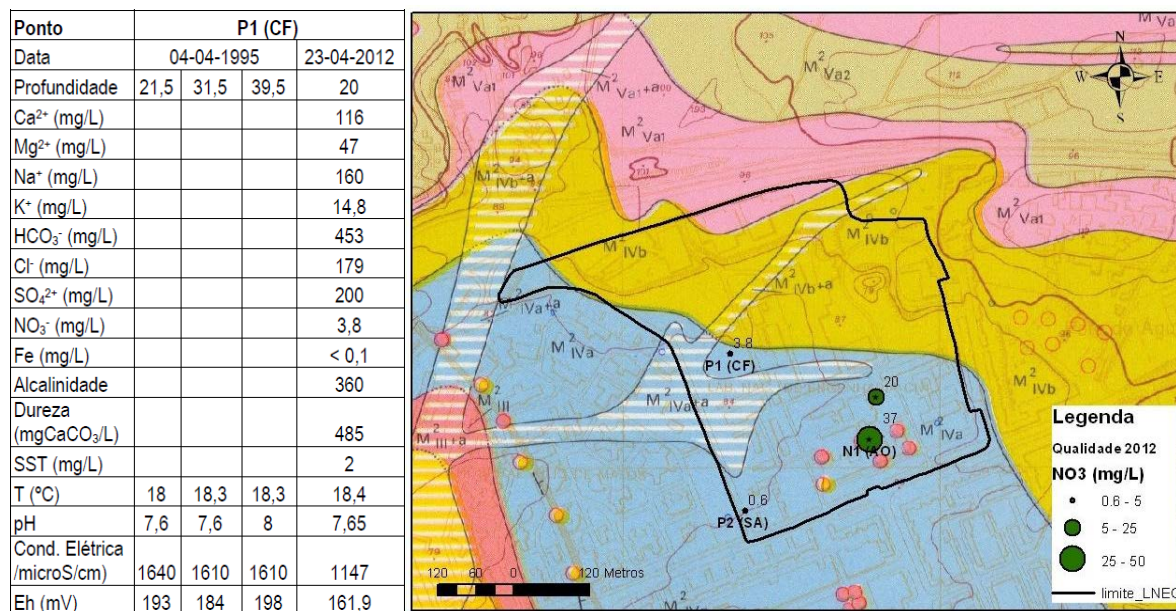


Figura 4.22 - Síntese da informação disponível sobre a qualidade da água de rega no *campus* do LNEC (Lobo Ferreira, 2013).

CAPÍTULO 5. MODELAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM HORTAS URBANAS EM LISBOA

5.1 O MODELO ROOT ZONE WATER QUALITY MODEL. BREVE DESCRIÇÃO

O modelo Root Zone Water Quality Model (RZWQM2) foi desenvolvido pelo USDA-Agricultural Research Service (Ahuja *et al.*, 2000). O seu objetivo principal é estudar os processos que influenciam a qualidade da água em parcelas agrícolas e avaliar o impacto ambiental sub-superficial de diferentes práticas de gestão em agricultura, através da simulação dos processos desenvolvidos na zona radical do perfil do solo.

O modelo RZWQM2 é constituído por vários submodelos: 1) processos físicos (movimento de água, transporte de solutos e calor na matriz do solo e evapotranspiração), 2) crescimento das plantas (modelo conceptual ou empírico simplificado), 3) processos químicos do solo (balanço de sais), 4) nutrientes (ciclo do C e do N), 5) pesticidas, 6) práticas de gestão da cultura, do solo, da rega e da fertilização.

A Fig. 5.1 apresenta uma sequência simplificada do cálculo com os fluxos de informação entre as componentes mais importantes do modelo.

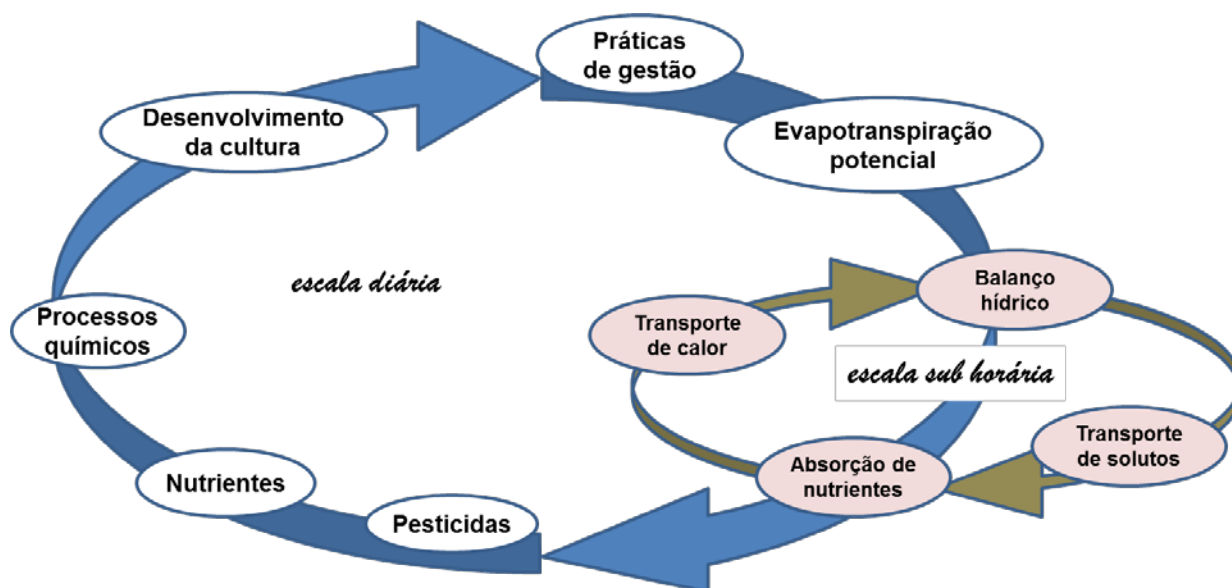


Figura 5.1 – Sequência de cálculo utilizada no modelo RZWQM2 (Cameira,1999).

Seguidamente são apresentados apenas os processos de cálculo utilizados na modelação dos sistemas em estudo, bem como os seus pressupostos teóricos.

Propriedades hidrodinâmicas do perfil de solo

O perfil do solo pode ser constituído por um a doze horizontes. Cada horizonte é caracterizado pelas suas propriedades hidrodinâmicas: relação pressão efetiva/humidade do solo $h(\theta)$ (usualmente chamada de curva de retenção da água no solo ou curva de pF) e

relação condutividade hidráulica não saturada/pressão efetiva $K(h)$. Estas relações são descritas por funções sugeridas por Brooks e Corey (1964) com algumas modificações (Ahuja *et al.*, 1999).

A curva de retenção da água no solo $h(\theta)$ ou $\theta(h)$ é dada por:

$$\theta(h) = \theta_s - A|h| \quad 0 \leq |h| \leq |h_{b1}| \quad [5.1]$$

$$\theta(h) = \theta_r + B|h|^{-\lambda} \quad |h| \geq |h_{b1}| \quad [5.2]$$

sendo θ_s o teor de água na saturação e θ_r o teor de água residual. h_{b1} , A, B e λ são parâmetros de ajustamento aos dados experimentais.

A curva da condutividade hidráulica, $K(h)$ é dada por:

$$K(h) = K_s |h|^{-N_1} \quad 0 \leq |h| \leq |h_{b2}| \quad [5.3]$$

$$K(h) = C |h|^{-N_2} \quad |h| \geq |h_{b2}| \quad [5.4]$$

sendo K_s a condutividade hidráulica saturada. h_{b2} , N_1 , N_2 , e C são parâmetros de ajustamento aos dados experimentais.

Para quando não existem dados de campo suficientes para a determinação de todos os parâmetros das funções de Brooks e Corey, o modelo fornece processos de estimativa dos seus parâmetros com base em propriedades de fácil medição tais como a textura, a densidade aparente do solo e o teor de humidade a 1/3 de bar ou 33 kPa (capacidade de campo) (Ahuja *et al.*, 1999). Deve ser dada especial atenção a esta secção do modelo, uma vez que as propriedades hidrodinâmicas do solo determinam o movimento de água no solo e consequentemente o transporte de solutos.

Infiltração e redistribuição da água na matriz de solo

A equação de Green e Ampt é utilizada para calcular as taxas de infiltração no perfil do solo. Entre eventos sucessivos de rega ou precipitação a água do solo é redistribuída por uma solução numérica da equação de Richards (Celia *et al.*, 1990):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h, z) \frac{\partial h}{\partial z} - K(h, z) \right] - S(z, t) \quad [5.5]$$

Sendo θ o teor de água volúmico ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), t o tempo (h), z a profundidade do solo (cm), h a pressão efetiva (cm), K a condutividade hidráulica não saturada (cm h^{-1}), e S a absorção de água pelas raízes (cm h^{-1}) dada pela equação de Nimah e Hanks (1973):

$$-S(z,t) = \frac{[H_{rs} + (R_{res,z}) - h(z,t) - h_o(z,t)] R_a(z) K(h)}{x_r \Delta z} \quad [5.6]$$

Sendo H_{rs} o potencial de água nas raízes (cm), R_{res} a resistência das raízes (cm s^{-1}) que se assume constante e igual a 1.05 e $R_{res,z}$ o termo que introduz as perdas de carga em H_{rs} , h_o é o potencial osmótico (cm), Δz é o incremento de profundidade de solo (cm) e $R_a(z)$ é a fração de raízes ativas no incremento de solo.

A condição de fronteira superior para a resolução da equação de Richards é o fluxo evaporativo à superfície do solo. A condição de fronteira inferior pode ser o gradiente unitário, um fluxo variável ou uma pressão constante. As condições iniciais são o perfil de humidade volúmica ou de pressão efetiva.

Evapotranspiração da cultura

O cálculo da evapotranspiração (ET) é baseado no modelo de Shuttleworth e Wallace (1985) que é uma versão dupla camada do modelo de Penman-Monteith (Monteith, 1965), calculando separadamente a evaporação a partir do solo e a transpiração da cultura:

$$\lambda ET = CC(PM_c) + CS(PM_s) + CR(PM_r) \quad [5.7]$$

Onde λET é o fluxo total de calor latente acima do copado (J); CC, CS e CR são coeficientes baseados nas fracções da área coberta pelo copado, solo nu e resíduos, respetivamente. E as correspondentes resistências de superfície e aerodinâmicas; PMc, PMs e PMr são as equações de Penman_Monteith aplicadas ao copado, ao solo nu e aos resíduos respetivamente. Detalhes do modelo de evapotranspiração podem ser encontrados em Ahuja *et al.* (2000).

Modelo da cultura

Presentemente o RZWQM2 apresenta um modelo conceptual de crescimento apenas para o milho, a soja e a batata. Para a maior parte das culturas hortícolas e árvores de fruto, contém modelos empíricos simplificados, o *Quickplant* e o *Quicktree*, com o objetivo de criar a ilusão de que uma cultura está presente no sistema e de introduzir sumidouros para a água e o azoto do solo. O utilizador fornece ao modelo a profundidade radical máxima, o índice de área foliar (LAI) máximo, a absorção potencial de N e o restolho que fica no solo após a colheita. O *Quickplant* assume que os valores máximos ocorrem a meio do ciclo cultural, estimando com base numa distribuição triangular valores diários que servem de entrada para os restantes submodelos, tais como de absorção de N, altura da planta e LAI (para o cálculo da ET) e a distribuição de raízes (para a absorção de água e de N). A

absorção de N segue passivamente a absorção de água em resultado da ET. O restolho após colheita vai alimentar o submodelo do ciclo de C/N.

Transporte de solutos na matriz do solo durante a infiltração

A matriz do solo divide-se em duas regiões porosas: a dos microporos (região de água imóvel) e a dos mesoporos (região de água móvel). A repartição é comandada pelo utilizador ou no conteúdo de água no solo para a pressão efetiva de 2000 cm. Inicialmente e durante a primeira fase de humedecimento de um aumento de 1 cm, a concentração de solutos entre as duas regiões está em equilíbrio. Durante as sucessivas etapas de infiltração o deslocamento da solução através das sucessivas camadas de solo saturado ocorre apenas nos mesoporos, alterando assim a concentração da solução do solo. Depois da infiltração em incrementos de um cm, a concentração de nitrato é novamente equilibrada por difusão entre os micro e os mesoporos e as concentrações em cada região são apropriadamente ajustadas. A equação para o processo de difusão é:

$$\frac{\Delta C_{\text{sol}}}{\Delta t} = D_a (C_{\text{micr}} - C_{\text{sol}}) \quad [5.8]$$

onde C_{sol} e C_{micr} representam as concentrações de solutos nas regiões de meso e microporos respetivamente (mg L^{-1}) e D_a é o coeficiente de difusão aparente, que consta na base de dados ou é fornecido pelo utilizador.

O NO_3^- lixiviado a partir da zona radical da cultura, $L_{\text{NO}_3-\text{N}}$ (mg cm^{-1}), é calculado através da combinação da concentração de nitratos em solução com estimativas de fluxo de água no solo (eq. Richards), ou seja, pela equação do processo convectivo:

$$L_{\text{NO}_3-} = \varphi_{\text{rz}} \times C_{\text{NO}_3-} \quad [5.9]$$

onde φ_{rz} é o fluxo de drenagem na parte inferior à zona radical (L cm^{-2}), C_{NO_3-} é a concentração de nitrato na água contida nos poros abaixo da zona radical (mg L^{-1}). Mais detalhes encontram-se em Ahuja *et al.* (2000).

Processos relativos à matéria orgânica (C e N)

Este módulo (OMNI) foi desenvolvido para simular as transformações do C e do N no solo (Shaffer *et al.*, 2001). Simula os principais processos da dinâmica do C e do N incluindo a mineralização-imobilização dos resíduos das culturas, estrumes e outros materiais orgânicos, a mineralização da fração húmica, as transferências inter-reservatório, a desnitrificação, a volatilização e a nitrificação da amónia. Os ciclos de C e N são afetados pelas práticas de gestão tais como a rega e a fertilização.

Para efeitos de cálculo, a matéria orgânica é dividida por cinco reservatórios relacionados entre si, como mostra a Figura 5.2, que estão sujeitos a decomposição por três populações microbianas. Os reservatórios são de decomposição rápida (5 anos) e lenta para os resíduos das culturas, enquanto a restante matéria orgânica do solo é de decomposição lenta, média (20 anos) e rápida. As duas últimas correspondem ao que na literatura é chamado reservatório de azoto potencialmente mineralizável. As populações microbianas incluem dois grupos heterotróficos (fungos do solo e bactérias facultativas) e um grupo autotrófico (organismos nitrificantes). A descrição detalhada dos processos e cálculos é dada por Ma *et al.* (2000). Uma vez que esta componente é muito difícil de parametrizar, o modelo contém um programa de inicialização complementado por um programa para equilíbrio dos reservatórios com simulação de 10 anos sob condições constantes de humidade e temperatura.

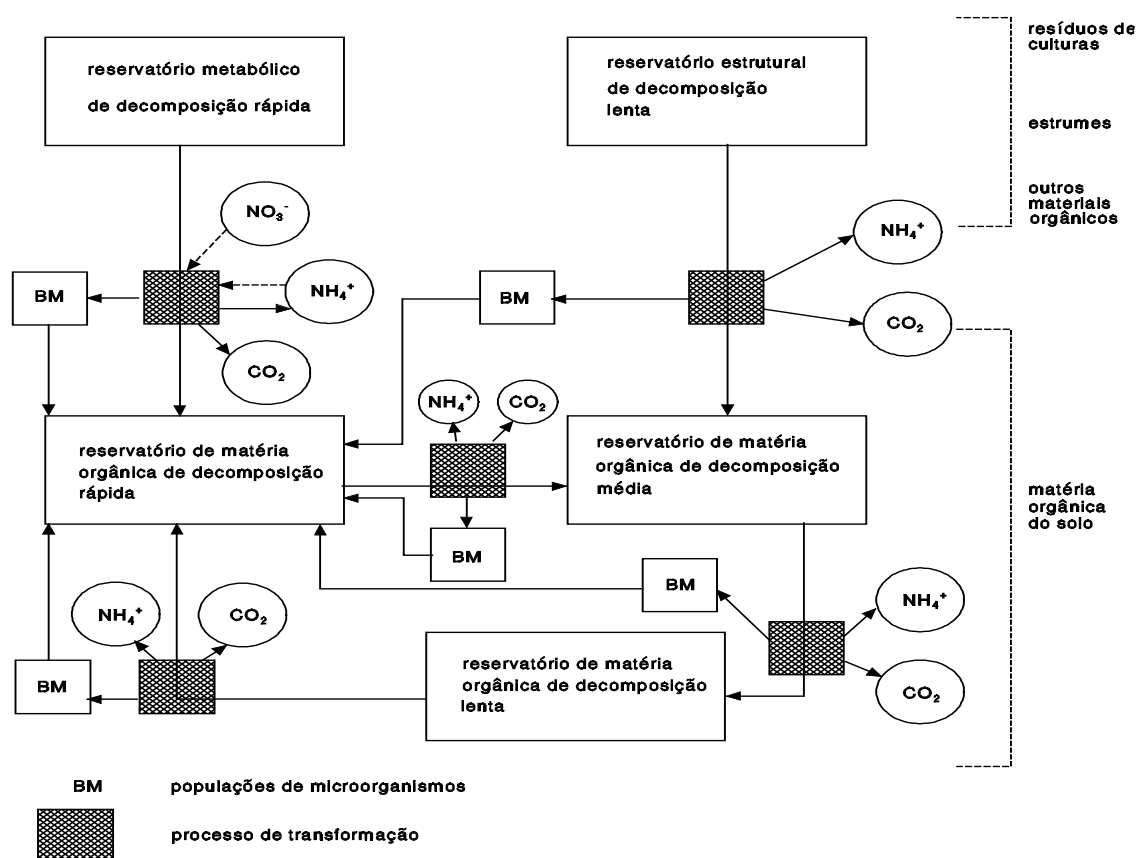


Figura 5.2 – Decomposição da matéria orgânica no modelo RZWQM (Cameira, 1999).

5.2 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO RZWQM PARA OS CASOS DE ESTUDO

A informação utilizada para a parametrização dos cenários das hortas estudadas (Granja e Ajuda nas duas modalidades de produção e campus LNEC) foi obtida após aplicação de metodologias diversas aos dados recolhidos nos inquéritos aos hortelãos, tal como

explicado no Cap. 4. Pretende-se neste ponto sistematizar a parametrização referindo, quando necessário, alguns procedimentos.

Para todos os cenários o domínio de simulação apresenta como fronteira superior o limite do copado e como fronteira inferior a profundidade de 100 cm do perfil do solo. Para todos os cenários as condições iniciais de humidade do solo igualam a capacidade de campo, uma vez que o período em estudo tem início na primavera após eventos de precipitação. A condição de fronteira à superfície é o fluxo de evapotranspiração atual e a condição de fronteira inferior é a drenagem livre aos 100 cm de profundidade.

Os Quadros 5.1 a 5.5 apresentam os parâmetros relativos às culturas instaladas, ao solo, às aplicações de estrume e de fertilizante e às regas (ver em Cap. 4.4.1 e Anexo 5 detalhes sobre os procedimentos de cálculo).

Quadro 5.1 – Parâmetros culturais para as Hortas, obtidos da bibliografia existente.

Cultura	LAI	Altura (cm)	Profundidade radical (cm)	Ciclo (dias)	Densidade de plantação (pl ha ⁻¹)	Data de plantação
Granja Bio						
Aboborinha	4	30	30	74	12000	01-Abr-11
Tomate	4	100	95	107	12000	15-Jun-11
Alface	2	30	30	60	150000	01-Out-11
Couve	5	40	40	120	20000	01-Dez-11
Granja Conv						
Tomate	4	100	95	90	12000	01-Abr-11
Abóbora	7	50	40	120	10000	01-Jul-11
Fava	4	60	60	150	25000	01-Nov-11
Ajuda Conv						
Batata	4	60	50	90	40000	15-Mar-11
Beringela	3	80	80	110	12000	15-Jun-11
Alface	2	30	30	75	150000	05-Out-11
Espinafre	4	30	30	71	600000	20-Dez-11
Ajuda Bio						
Couve	5	35	35	83	20000	13-Fev-11
Abóbora	7	50	40	110	10000	21-Mai-11
Alface	2	30	30	70	150000	12-Set-11
Alface	2	30	30	70	150000	22-Nov-11
LNEC						
Alface	2	30	30	128	45454	24-Mai-12 29-Set-12

Quadro 5.2 – Parametrização dos solos das Hortas

Horta	Textura	D _{ap}	θ _{CC} (cm ⁻³ cm ⁻³)	θ _{CE}	K _s (cm h ⁻¹)	m.o.* (%)
Granja Bio	Franco-Argiloso-Arenoso	1.59	0.24	0.15	2.00	0.97
Granja Conv	Franco Arenoso	1.59	0.18	0.06	12.00	2.39
Ajuda Bio	Franco Argiloso	1.20	0.37**	0.13	0.23	6.20
Ajuda Conv	Franco Argiloso	1.20	0.37**	0.13	0.23	3.00
LNEC	Franco Limoso	1.39	0.26	0.08	2.88	2.14

*1ºs 30 cm; **no Franco-Argiloso foi estimada para 1/3 bar com base em 1/10 de bar.

Quadro 5.3 – Parâmetros relativos à estrumação nas Hortas

Horta	Origem do composto	Data de aplicação	Total	C (Kg ha ⁻¹)	NH ₄ -N	C/N
Granja Bio	vegetal, animal e alimentar	01-Abr-11	40000	3056	79	14.3
Granja Conv	vegetal, animal e alimentar	01-Abr-11	20000	1756	36	20
Ajuda Bio	animal	13-Fev-11	60000	4536	119	13.2
Ajuda Conv	vegetal e animal	15-Mar-11	30000	2060	54	13
LNEC	animal	01-Dez-12	18939	1971	37	27

Quadro 5.4 – Parâmetros relativos à fertilização química nas Hortas

Horta	Adubo	Data de aplicação	N	NO ₃ -N (Kg ha ⁻¹)	NH ₄ -N
Granja Conv	Foskamônio	20 dias após plantação	150	25.0	125.0
Ajuda Conv	Nitrolusal 20.5	20 dias após plantação	103	51.5	51.5
LNEC	Bengreen	24-05-2012	36	19.5	16.5
		15-11-2012	18	9.7	8.2

Quadro 5.5 – Parâmetros relativos à rega nas Hortas

Horta	Método	Dotação por rega /frequência semanal (mm/dia para cada estação do ano)				NO ₃ -N (mg L ⁻¹)
		P	V	O	I	
Granja Bio	alagamento(mangueira)	6/3	10/4	6/2	6/2	0
Granja Conv	alagamento (balde)	9/3	9/4	9/3	9/2	18.9
Ajuda Bio	alagamento(mangueira)	11/2	11/3	7/2	7/1	10.6
Ajuda Conv	alagamento (balde)	4/2	4/4	4/3	4/2	10.6

5.3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PRÁTICAS ATUAIS DE REGA E FERTILIZAÇÃO

Apresentam-se os resultados da modelação da dinâmica da água e do N para as hortas estudadas, com o objetivo de avaliar os impactos das práticas de gestão de rega e de fertilização atualmente aplicadas. Na Horta do LNEC a modelação teve como objetivo a calibração e validação do modelo RZWQM, para eventos específicos de fertilização e rega, contra séries temporais de valores de N observados na solução do solo. Nas restantes

hortas, para as quais não existia este tipo de observações, o objetivo foi o de simular o ano cultural e de fazer uma análise integrada dos gráficos e dos quadros com os balanços de água e de N mineral, na ótica do estabelecimento de relações causa-efeito entre as propriedades do solo e os *inputs* de água e de N, e as correspondentes perdas.

5.3.1 Hortas do *Campus* do LNEC

Calibração da repartição da m.o pelos diferentes reservatórios de decomposição:

Para parametrizar o ciclo de azoto no solo ajustaram-se os coeficientes que regem as transformações de azoto entre reservatórios no subprograma OMNI (Fig. 5.2). Para tal, após a introdução dos níveis iniciais de matéria orgânica (m.o.), foi feita uma simulação sem adição de fontes externas de azoto, ajustando os coeficientes de acordo com a regra que por cada 1% de m.o. nos primeiros 30 cm de solo, a mineralização anual é de cerca de 20 Kg ha⁻¹ (Schepers e Mosier, 1991; Varennes, 2003). Com base nesse objetivo, calibrou-se a repartição da m.o. pelos reservatórios de decomposição lenta, intermédia e rápida e os coeficientes de transformação inter-reservatório (Quadro 5.6).

Quadro 5.6 - Calibração dos coeficientes que regem a repartição e transformação da m.o.

Coeficiente	Reservatórios de decomposição da m.o.		
	Lenta	Intermédia	Rápida
Repartição (%)	80	16	4
Transferência (fração)		0.34 →	0.66 →

Calibração dos parâmetros das funções hidrodinâmicas

As funções hidrodinâmicas regem a dinâmica da água no solo e, portanto, determinam o processo convectivo de transporte do N, devendo por isso ser calibradas com base em dados experimentais. Partindo dos valores medidos da textura, densidade aparente e capacidade de campo, o modelo estima a curva de retenção da água no solo, com base na “*similar media approach*” (Ahuja, 2000). Dada a curva de retenção estimada e a condutividade hidráulica medida, a curva da condutividade hidráulica não saturada é estimada com base na aproximação dos feixes capilares (Ahuja, 2000). As funções $\theta(h)$ e $K(h)$ estimadas/medidas foram seguidamente calibradas pela técnica da modelação inversa contra dados observados de NO₃⁻ na solução do solo recolhida aos 30 e aos 60 cm de profundidade. Durante o processo de otimização, os parâmetros foram mantidos dentro de intervalos com significado físico.

O modelo foi calibrado para um período de 36 dias (31/05/12 a 6/07/12) no início do qual foi realizada uma fertilização química (36 kg ha⁻¹ N). Durante este período foram aplicadas 27 regas, totalizando 135 mm. A precipitação foi de 4.3 mm. A Fig. 5.3 mostra a representação

gráfica das funções hidrodinâmicas obtidas após calibração, na forma de Brooks e Corey (de Eq. 5.1 a 5.4).

As propriedades hidrodinâmicas calibradas indicam que a capacidade de retenção do solo para a água é média a alta (170 mm m⁻¹ solo), assim como a sua condutividade hidráulica saturada (3 cm h⁻¹). O potencial para drenagem e lixiviação deste solo é também moderado, dependendo fortemente dos *inputs* de água e N. Estes valores estão de acordo com a sua textura, determinada com base em análises de solo.

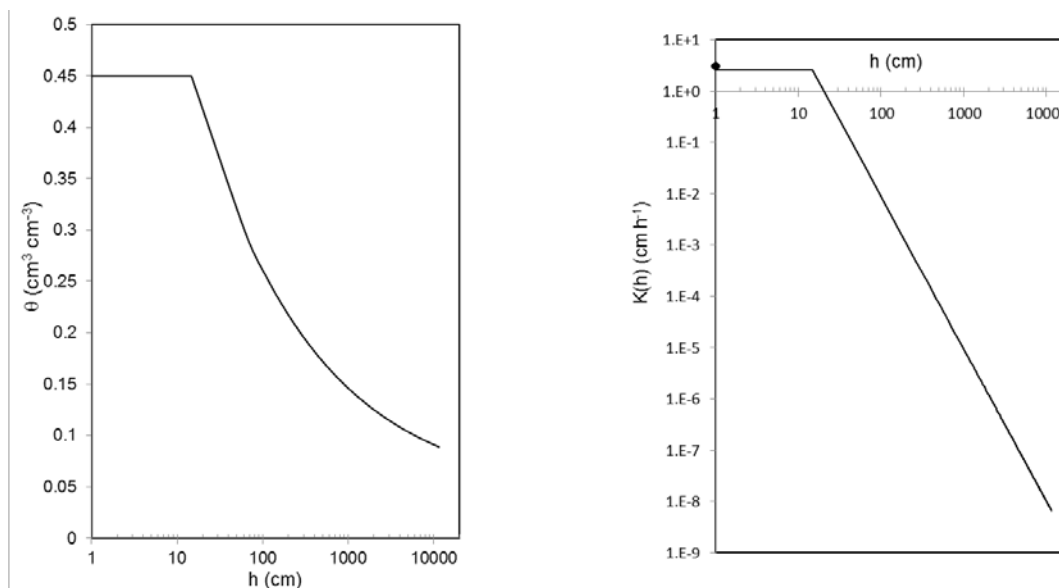


Figura 5. 3 – Propriedades hidrodinâmicas do solo (LNEC_TL) após calibração.

A Fig. 5.4 mostra os perfis de armazenamento de N-NO₃ no solo, obtidos a partir das concentrações de NO₃⁻ medidas na solução no solo colhida pelas cápsulas porosas, e simulados com o modelo RZWQM após calibração dos parâmetros hidrodinâmicos. Verifica-se que, na camada 0 – 30 cm, o modelo simula com precisão a disponibilização de N decorrente da fertilização, bem como a sua depleção do solo em resultado da absorção pelas raízes da alface. Também o transporte do N para a camada subjacente, caracterizado por um pequeno, mas significativo fluxo de N, é corretamente previsto pelo modelo.

Validação contra dados independentes

Com os parâmetros anteriormente calibrados foi feita a validação do modelo contra observações de NO₃⁻ na solução do solo efetuadas no mesmo talhão, durante o período de inverno 15/11/12 a 14/2/13 (Anexo 8). Utilizou-se um período de 91 dias, no início do qual foi realizada uma fertilização química (18 kg ha⁻¹ N). Cerca de 16 dias depois foi feita uma aplicação de estrume. Os resultados apresentam-se na Figura 5.5.

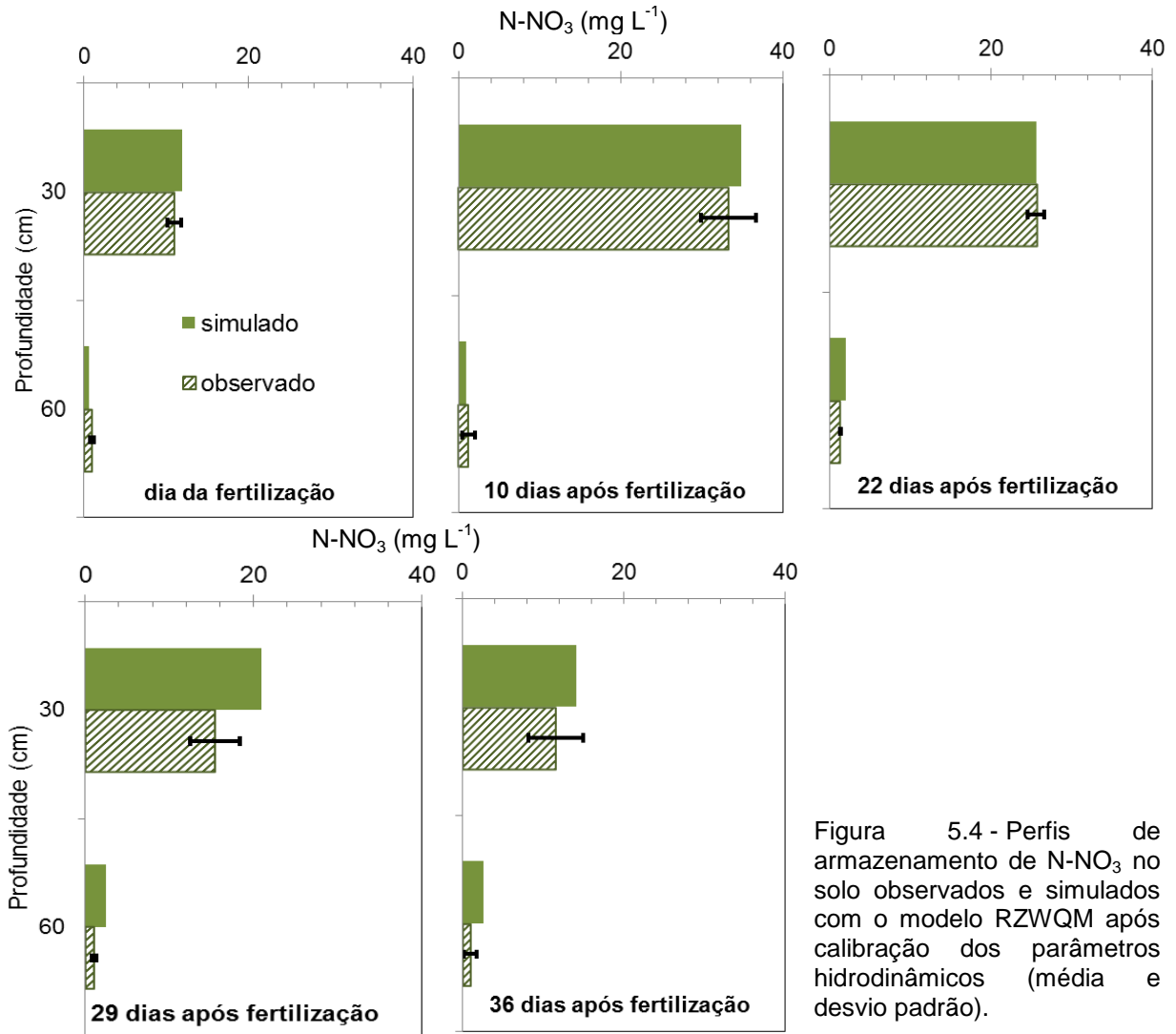


Figura 5.4 - Perfis de armazenamento de N-NO₃ no solo observados e simulados com o modelo RZWQM após calibração dos parâmetros hidrodinâmicos (média e desvio padrão).

Os processos são simulados adequadamente, apresentando desvios superiores aos obtidos na calibração, o que era esperado uma vez que na validação não foi feito ajustamento de parâmetros. Conclui-se que o modelo está apto a ser utilizado como instrumento de gestão para o sistema Horta do LNEC_TL.

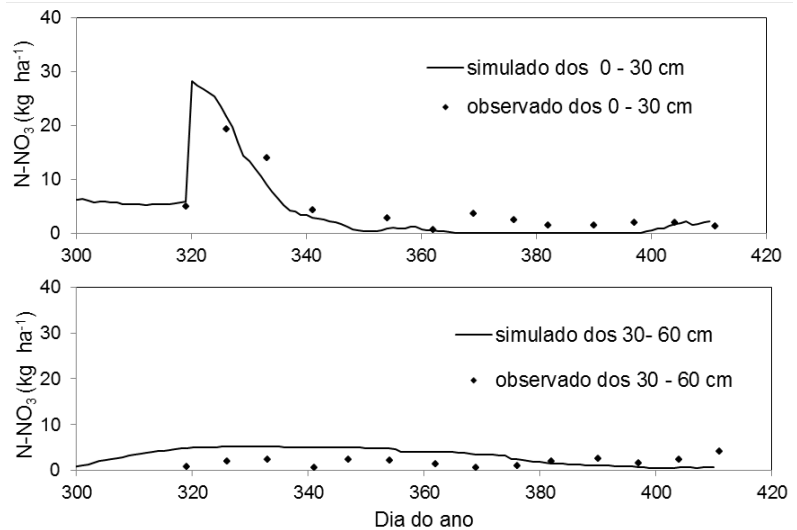


Figura 5.5 – Evolução temporal do armazenamento de N-NO₃ observado e simulado na fase de validação do modelo.

5.3.2 Horta da Granja Bio (27/03/2011 a 05/04/2012)

Balanço hídrico

A Fig. 5.6 mostra as culturas instaladas durante o ano cultural e algumas das suas características utilizadas nos cálculos, tais como a duração do ciclo, a altura das plantas, a profundidade das raízes e o LAI.

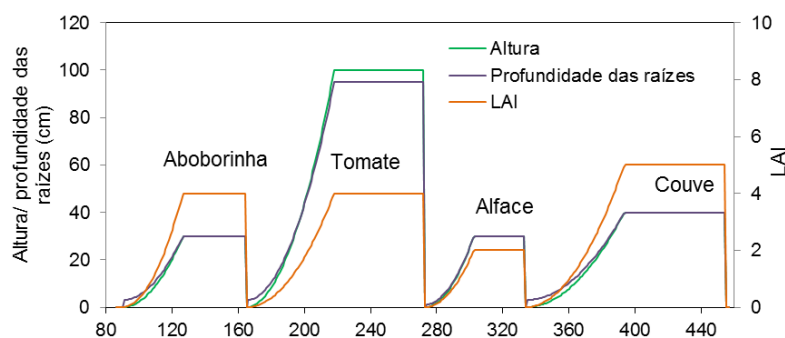


Figura 5.6 - Culturas instaladas na Horta Granja_Bio.

Os gráficos apresentados na Fig 5.7 mostram a evolução de alguns termos do BH durante o período de simulação, tais como a evapotranspiração (ETa), o armazenamento de água e a drenagem (D) aos 100 cm de profundidade. A ETa iguala quase sempre a ETp (Fig. 5.7a) significando que, mesmo durante o verão, as necessidades das plantas em água estão satisfeitas, não ocorrendo *stress* hídrico. A Fig. 5.7b mostra que no início do período, por causa das precipitações, o solo se encontrava já na CC e qualquer entrada de água à superfície não fica armazenada originando drenagem aos 100 cm (Fig 5.7c).

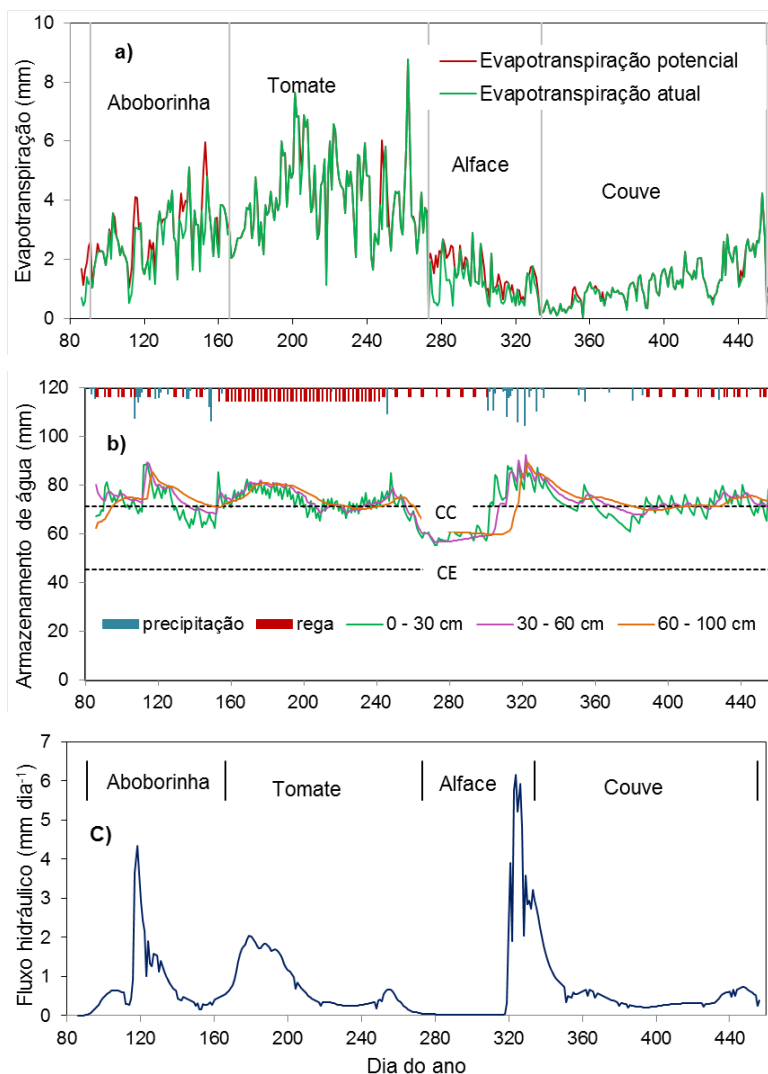


Figura 5.7 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Bio.

Nota-se a correspondência entre os eventos de precipitação mais intensos que originam picos no armazenamento da água e a drenagem para fora da zona explorada pelas raízes. A Fig. 5.7c mostra três picos de drenagem, um no ciclo da aboborinha e associado à precipitação, outro no ciclo do tomate e associado à rega e outro no ciclo da alface, associado à precipitação. A camada de solo 0–30 cm apresenta as maiores variações de armazenamento, pois é onde ocorre maior percentagem de absorção radical e de evaporação à superfície. A camada 60-100 reage a estas variações com um pequeno desfaseamento, sinal de que o movimento de água através do perfil é rápido. A diminuição da dotação e da frequência das regas durante o ciclo da alface mantém o armazenamento abaixo da CC, com redução das perdas por drenagem e manutenção da ETa, até que as novas chuvadas originam novos fluxos de drenagem. Este comportamento do solo em relação à água é justificado pela sua textura franco argiloarenosa e às propriedades hidrodinâmicas associadas, tais como a CC relativamente baixa ($0.238 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e a K_s moderada a alta (2 cm h^{-1}). O Quadro 5.7 apresenta o BH do solo, entre a superfície e os 100 cm, para todo o ano cultural. Verifica-se que no total ocorreu um volume de drenagem de 261 mm para as camadas de solo abaixo da zona radical máxima, representando 23% do total das entradas (rega + precipitação) e cerca de 30% da ETa. O menor volume percentual de drenagem ocorre no ciclo do tomateiro [$D = 17 \% (R + P)$], sendo essencialmente devido à rega. A maior demanda climática da época do ano aliada à maior profundidade radical do tomateiro permitem-lhe extrair uma maior quantidade de água do perfil diminuindo a disponibilidade para a drenagem. O maior valor percentual ocorre no ciclo da couve [$D = 33 \% (R+P)$], novamente associado à rega. No ciclo da alface a D deve-se essencialmente à P e no ciclo da aboborinha ao efeito conjunto de R e P. A alface, que apresenta uma profundidade radical reduzida, utilizou apenas 44 % das entradas R+P, que foram claramente superiores à sua ETP. A variação de armazenamento ocorrida durante o ciclo cultural foi de - 9 %.

Quadro 5.7 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Granja Bio
(todos os termos em mm)

Cultura	Período dias	Armazenamento		P	R	D	ES	ETa
		Inicial	Final					
Aboborinha	74	153	151	124	144	60	0	221
Tomate	107	155	112	22	444	80	0	449
Alface	60	115	160	156	48	58	0	91
Couve	120	158	139	64	126	63	0	148
Total	361	153	139	365	762	261	0	909

P-precipitação, R-rega, D-drenagem, ES-escoamento superficial, ETa-evapotranspiração atual

Balanço de azoto mineral

A Fig. 5.8 mostra a evolução temporal de alguns termos do balanço de N. A Figura 5.8a) mostra que a quantidade de $\text{NO}_3\text{-N}$ armazenada na camada superficial no início do ciclo cultural aumenta rapidamente com a estrumação (seta em *continuum*) devido a rápida mineralização associada a uma C/N baixa (14.3). No entanto, após a ocorrência de precipitação, parte considerável do N é transportado para as camadas subjacentes, verificando-se mesmo um pico de lixiviação aos 100 cm (Fig. 5.8b). Por esta razão, a aboborinha, que estende as suas raízes até aos 30 cm, deixa de ter N disponível, afastando-se a extração de N atual do valor potencial (Fig 5.8c).

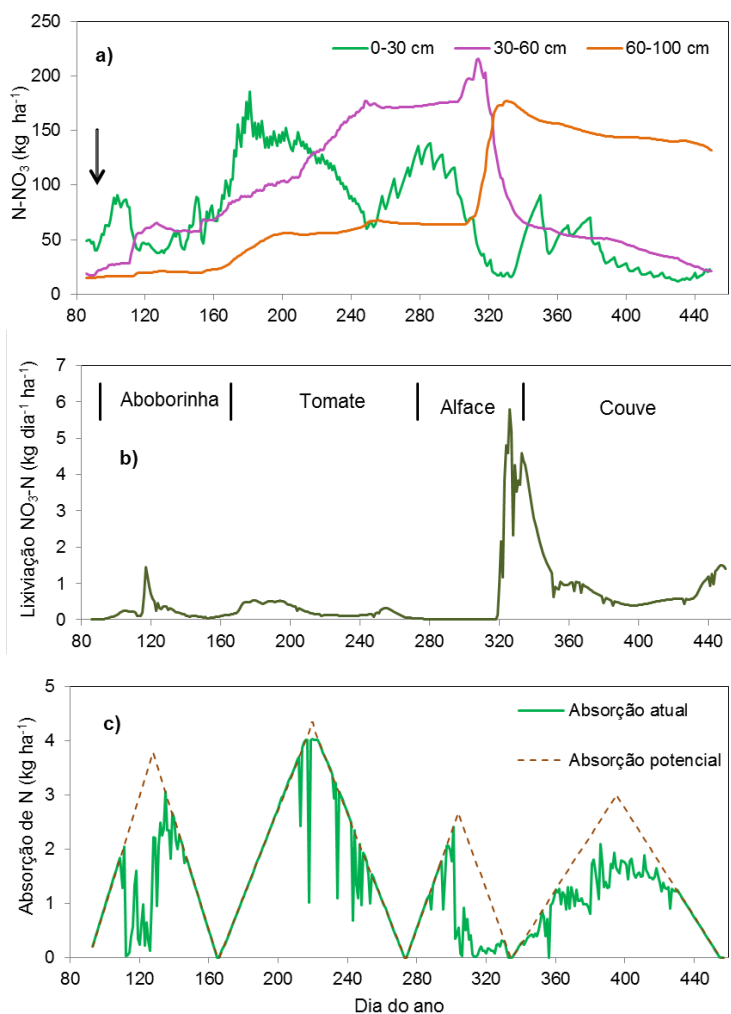


Figura 5.8 – Resultados do balanço de N, dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Bio (a seta representa a estrumação).

Até ao dia 250 (ciclo do tomateiro), o $\text{NO}_3\text{-N}$ que vai sendo disponibilizado na camada superficial é transportando convectivamente para as camadas inferiores originando um fluxo contínuo de lixiviação aos 100 cm. O tomateiro apresenta raízes até aos 95 cm, podendo absorver N em todo o perfil (Fig. 5.8c). A partir do dia 250, o teor de água baixa, cessando o transporte de N. O azoto é disponibilizado pela mineralização do estrume a uma taxa superior à taxa de absorção da cultura. Esta tem disponível N suficiente para satisfazer as necessidades potenciais, até que, com as precipitações de outono, ocorre de novo transporte para fora do perfil, diminuindo a disponibilidade para absorção. O aumento do armazenamento em profundidade no fim do ciclo (Fig. 5.8a), conjugado com a manutenção da humidade acima da CC (Fig. 5.8b) gera um fluxo contínuo de lixiviação, agravado pela reduzida capacidade de extração da couve cujas raízes se limitam à 40 cm de profundidade.

O Quadro 5.8 apresenta o balanço de N mineral entre a superfície e os 100 cm, para todo o ano cultural. O balanço apresenta a lixiviação como a componente mais importante das perdas, representando 25% do N disponibilizado pelas estrumações. A maior perda percentual por lixiviação ocorre durante o ciclo da couve relacionando-se, por um lado, com a maior perda por drenagem referida anteriormente e, por outro, com a existência de um armazenamento considerável de nitrato no perfil do solo. A menor perda percentual ocorre durante os ciclos da aboborinha e do tomate, no 1º caso porque a disponibilidade de nitrato no perfil é limitada e, no 2º caso, porque as perdas por drenagem são reduzidas, embora o armazenamento de nitrato seja já considerável. A lixiviação constitui cerca de 70 % das perdas de N do sistema, perdendo-se 18 % na forma gasosa (volatilização e/ou desnitrificação). Os restantes 12 % ficam temporariamente indisponíveis devido à imobilização. No ciclo da aboborinha as maiores perdas gasosas ocorrem por volatilização da amónia presente no estrume que é aplicado neste período.

Quadro 5.8 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Granja Bio. Todos os termos em kg ha⁻¹ (aplicação de 40 ton ha⁻¹ de estrume com C/N de 14.3)

Cultura	Período (dias)	N_Arm		N	N	N	N	N	N	N	N	N
		Início	Fim	Min	Est	Fert	Reg	Lix	ES	Abs	Gas	Imob
Aboborinha	74	73	248	0	274	0	0	16	0	89	30	40
Tomate	107	250	356	6	396	0	0	27	0	218	13	0
Alface	60	349	274	2	75	0	0	56	0	39	7	0
Couve	120	275	176	8	117	0	0	113	0	125	7	0
Total	361	73	176	17	863	0	0	212	0	470	56	40

N_Arm é o N armazenado, N_Min é o N resultante da mineralização da mo do solo, N_Est é o N disponibilizado pelo estrume, N_Fer é o N aplicado com a fertilização química, N_Reg é o N presente na água de rega, N_Lix é o N lixiviado, N_ES é o N perdido por escoamento superficial, N_Abs é o N absorvido pelas culturas, N_Gas são as perdas gasosas de N e N_imob é o N imobilizado.

5.3.3 Horta da Granja_Conv (27/03/2011 a 05/04/2012)

Em relação à Granja Bio, este cenário apresenta, no período das precipitações de primavera, uma cultura (tomateiro) com maior extensão radical e com maiores evapotranspiração e absorção de N potenciais (Figs. 5.6 e 5.9).

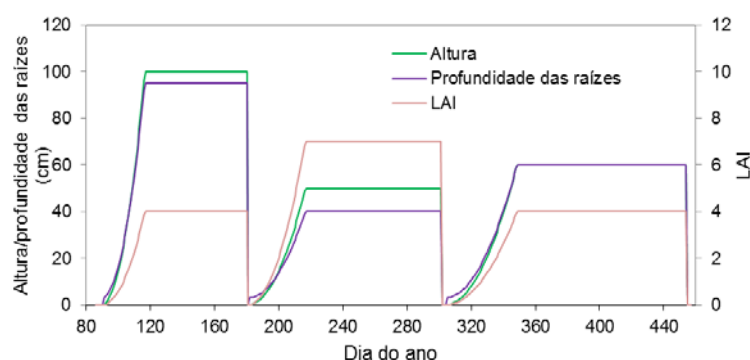


Figura 5.9 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Conv.

No período das precipitações de outono encontra-se a fava ainda em fase de crescimento inicial (Fig. 5.9).

Balanço hídrico

A Fig. 5.10 apresenta alguns termos do BH. Também neste cenário não há evidência da ocorrência de *stress* hídrico (Fig. 5.10a). A análise comparativa com o cenário Granja Bio mostra que aqui as perdas por drenagem são superiores em resultado do maior volume de rega aplicado aliado à maior condutividade do solo ($K_s = 12 \text{ cm h}^{-1}$). Novamente verifica-se a ocorrência de picos de drenagem em resposta às precipitações elevadas. Novamente o armazenamento de água no solo se apresenta sempre próximo da CC, mantendo-se o potencial para drenagem.

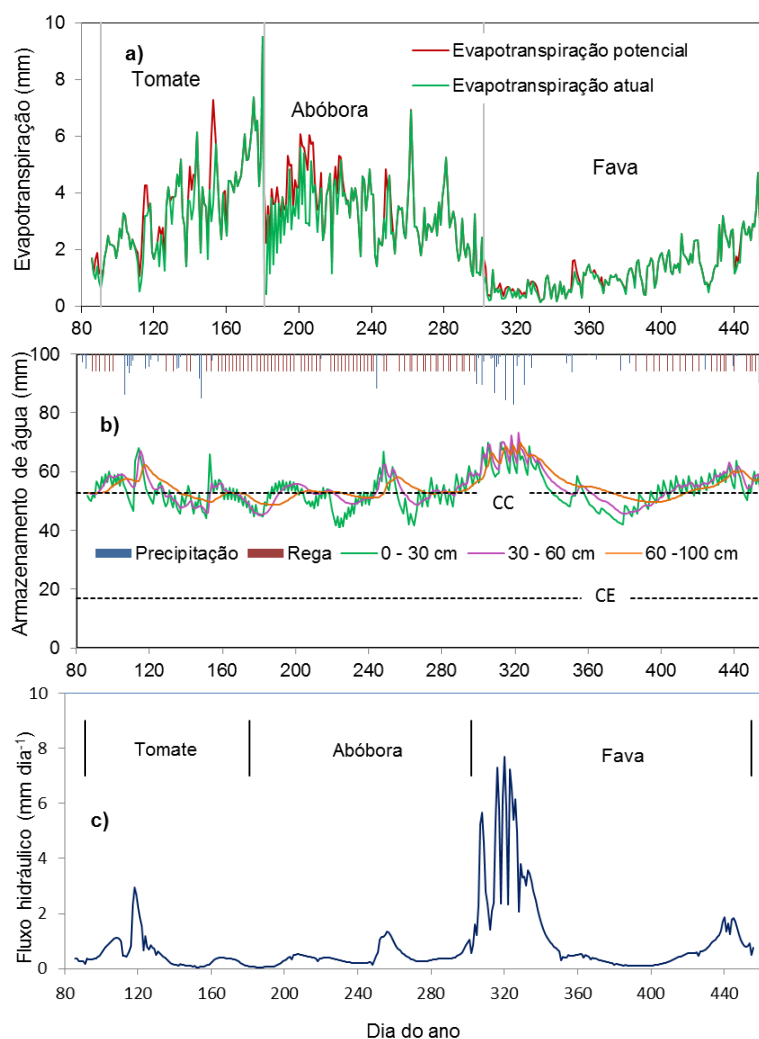


Figura 5.10 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Conv.

No entanto, o pico de drenagem originado com as primeiras precipitações de primavera é menor do que na Granja Bio uma vez que a cultura instalada apresenta maior profundidade radical. Com o segundo acontecimento de precipitações (outono) há uma resposta rápida da drenagem, uma vez que o solo tem baixa capacidade de retenção e a fava apresenta raízes em início de desenvolvimento. Neste caso o volume de água drenado é maior do que na Granja Bio, em resultado das propriedades hidrodinâmicas mais condutivas.

O Quadro 5.9 mostra que no total ocorreu um volume de drenagem de 300 mm para as camadas de solo abaixo da zona radical máxima, representando 26% do total das entradas (rega + precipitação) e 32% da ETa. Nos ciclos do tomateiro e da abóbora os valores percentuais de drenagem foram baixos [15 e 10 % (R + P respetivamente)], sendo no caso da abóbora essencialmente devido à rega. No ciclo do tomateiro a ETa foi ligeiramente superior às entradas de R + P o que significa que a cultura esgotou ainda parte do armazenamento do solo. A maior demanda climática da época do ano aliada à maior

profundidade radical do tomateiro permitem-lhe extrair uma maior quantidade de água do perfil diminuindo a disponibilidade para a drenagem. O maior valor percentual ocorre no ciclo da fava [D = 55 % (R+P)], em associação com a rega, que utilizou 49% das entradas de R+P, que foram superiores à sua ETP. A variação de armazenamento durante o ano foi de 7.4%.

Quadro 5.9 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Granja_Conv (todos os termos em mm)

Cultura	Período dias	Armazenamento Inicial	Armazenamento Final	P	R	D	ES	ETa
Tomate	120	162	156	124	198	48	0	324
Abóbora	150	160	157	37	450	49	0	415
Fava	90	163	174	187	180	203	0	180
Total	360	162	174	347	828	300	0	919

P-precipitação, R-rega, D-drenagem, ES-escoamento superficial, ETa-evapotranspiração atual

Balanço de azoto

Na Fig. 5.11a), que representa a evolução do azoto nítrico armazenado no solo, as setas representam a estrumeação e as aplicações do adubo Foskamônio. Outra entrada importante neste sistema é o N transportado na água de rega, cuja concentração é de 83.5 mg L^{-1} de nitrato, praticamente igualando a contribuição da estrumeação. Ao contrário do que se verifica na Horta Granja_Bio, aqui a disponibilização do N pelo estrume é muito mais lenta, em resultado da sua C/N mais elevada (Fig. 5.11a). Verifica-se a rápida disponibilização do N adicionado com o fertilizante, com parte na forma amoniacal, mas que

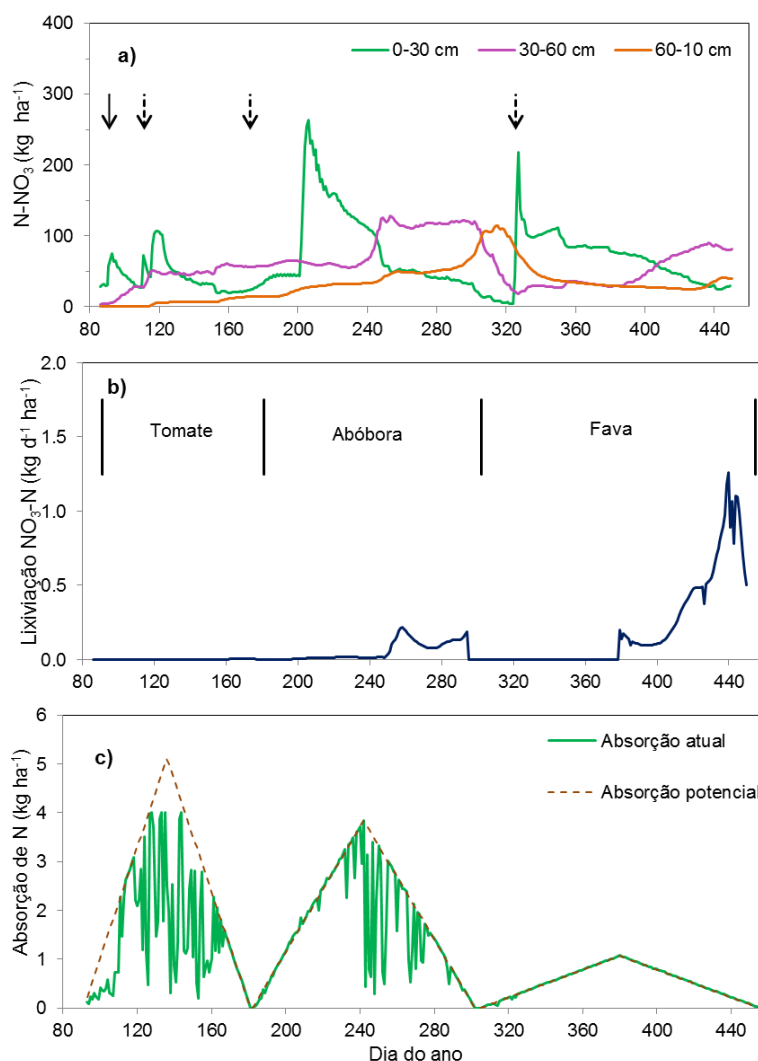


Figura 5.11 – Resultados do balanço de N dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Granja Conv (as

rapidamente nitrifica.

setas representam a estrumação e as fertilizações).

Não se registam lixiviações durante o ciclo do tomateiro, pois as suas raízes atingem os 95 cm e é elevada a sua absorção potencial (Fig. 5.11b).

No entanto, devido à lenta disponibilização por parte do estrume, o tomateiro sofre algum *deficit* de N. A abóbora satisfaz as suas necessidades em N (Fig. 5.11c) mas, sendo pequena a profundidade das raízes, o nitrato é gradualmente transportado para as camadas inferiores, ficando acumulado até às precipitações de outono, durante o ciclo da fava. O resultado demonstra que o armazenamento de N em profundidade constitui risco de contaminação, podendo ser facilmente lixiviado com os fluxos de drenagem para profundidades sem raízes capazes de utilizar o nutriente acumulado. O Quadro 5.10 apresenta o balanço de N mineral entre a superfície e os 100 cm, para todo o ano cultural. Verifica-se que cerca de 36% do N disponibilizado pelo estrume, pelo fertilizante químico e pela água de rega é perdido. A lixiviação representa 60% das perdas. A maior perda percentual ocorre no ciclo da fava onde 56 % das entradas são transportadas para fora do perfil pelo fluxo de drenagem que encontra elevada disponibilidade de N no perfil. Nos ciclos do tomate e da abóbora a perda percentual por lixiviação é nula ou não significativa. As perdas gasosas por volatilização e desnitrificação correspondem a 22 % do total de perdas. Os restantes 18 % ficam temporariamente indisponíveis por imobilização. No ciclo do tomate as maiores perdas gasosas ocorrem por volatilização da amónia presente no estrume aplicado e por imobilização temporária devido à razão C/N = 20. No ciclo da fava as perdas na forma gasosa associam-se à desnitrificação, apresentando o solo teores de água superiores à CC durante um período considerável. O armazenamento de azoto mineral no solo aumenta em 91 kg ha⁻¹ durante o ano cultural.

Quadro 5.10 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Granja Conv. Todos os termos em kg ha⁻¹ (aplicação de 20 ton ha⁻¹ de estrume com C/N de 20)

Cultura	Período (dias)	N_Arm		N	N	N	N	N	N	N	N	N
		Início	Fim	Min	Estr	Fert	Reg	Lix	ES	Abs	Gas	Imob
Tomate	90	62	91	12	84	125	41	0	0	133	36	46
Abóbora	120	92	210	20	63	125	67	36	0	198	1	2
Fava	150	210	153	16	52	125	36	120	0	80	20	1
Total	360	62	153	48	197	375	144	156	0	411	56	48

N_Arm é o N armazenado, N_Min é o N resultante da mineralização da mo do solo, N_Est é o N disponibilizado pelo estrume, N_Fer é o N aplicado com a fertilização química, N_Reg é o N presente na água de rega, N_Lix é o N lixiviado, N_ES é o N perdido por escoamento superficial, N_Abs é o N absorvido pelas culturas, N_Gas são as perdas gasosas de N e N_imob é o N imobilizado.

Apesar de se esperarem maiores perdas por lixiviação em relação à Granja_Bio, devido à maior cinética da água, verifica-se que o oposto acontece. O maior potencial para drenagem deste solo é de certa forma compensado pela C/N mais adequada de um composto com maior percentagem de estrume de cavalo que de galinha e que disponibiliza o N de forma

mais gradual. Deste modo, aumenta a eficiência com que as culturas utilizam o nutriente existente, embora este, pela mesma razão, possa não ser o suficiente. O estrume da Granja Conv disponibiliza por ano cerca de 9 kg N por ton de estrume, enquanto que o da Granja_Bio disponibiliza quase 20 kg N por ton de estrume (cálculos apresentados no Anexo 6), valor em acordo com o apresentado em LQARS (2000).

5.3.4 Horta da Ajuda_Conv (10/03/2011 a 06/03/2012)

Balanço hídrico

A Fig. 5.12 apresenta os parâmetros referentes às culturas instaladas. Os maiores valores de LAI são os da batata e do espinafre, A beringela apresenta maior comprimento radical, retirando água do solo em profundidade.

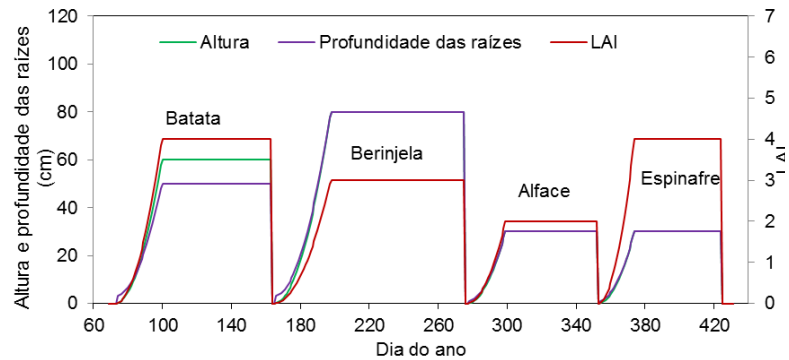


Figura 5.12 – Cultura instaladas e principais parâmetros na Horta Ajuda_Conv.

As Hortas da Ajuda apresentam um solo de textura Franco argilosa, com boa capacidade de armazenamento e baixa condutividade hidráulica. O comportamento hidráulico do solo é por isso bastante distinto do que foi apresentado para os solos das Hortas da Granja.

A Fig. 5.13b mostra que, embora o armazenamento na camada superficial do solo seja sempre elevado, a CC apenas é ultrapassada no período das precipitações outonais, no ciclo da alface. Há um aumento do armazenamento nas camadas inferiores do solo, que é gradual no ciclo da beringela e brusco no ciclo da alface. No entanto, à exceção da situação referida anteriormente, nunca ocorre

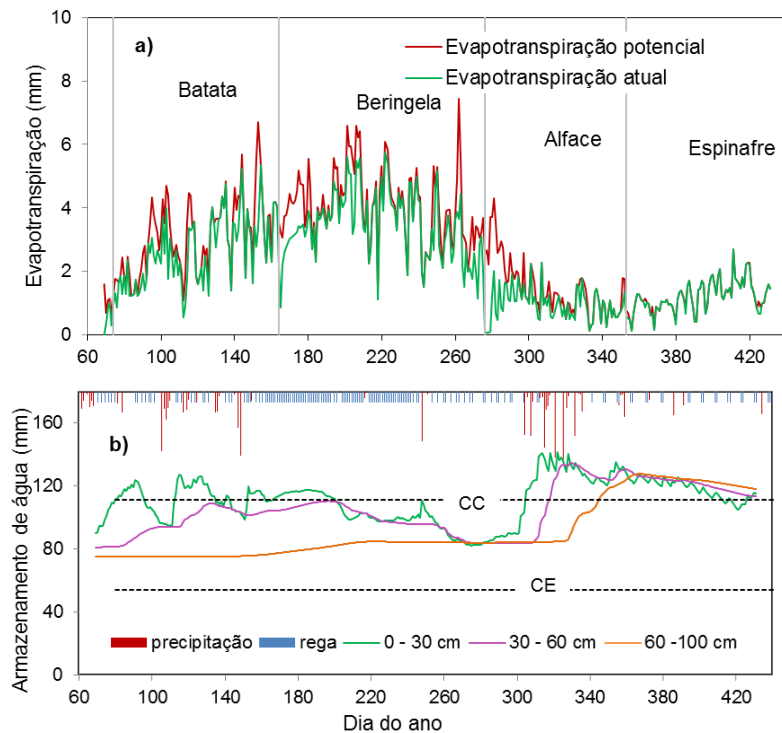


Figura 5.13 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda Conv.

drenagem aos 100 cm.

No Quadro 5.11, que apresenta o BH, verifica-se que praticamente não ocorreu drenagem aos 100 cm, em resultado da baixa permeabilidade deste solo em conjugação com a sua elevada capacidade de armazenamento de água. Ocorrem algumas perdas por ES que apenas têm significado no ciclo da alface [ES = 4.7% das entradas (P + R)] uma vez que durante todo o seu ciclo cultural a ETP é claramente inferior à existência de água no solo adicionadas das entradas P + R. A variação de armazenamento durante o ano cultural foi quase de 70 % do armazenamento inicial. Interessa ainda realçar que o volume de regas é em média cerca de 70 % inferior ao aplicado nas Hortas da Granja, evidenciando a reacção dos hortelãos a um solo que por ter uma baixa cinética para a água apresenta um perfil de solo sempre com armazenamento elevado.

Quadro 5.11 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Ajuda_Conv
(todos os termos em mm)

Cultura	Período dias	Armazenamento		P	R	D	ES	ETa
		Inicial	Final					
Batata	90	119	158	145	124	0	1	248
Beringela	110	160	142	22	340	0	0	397
Alface	75	143	234	164	48	0	10	97
Espinafre	71	241	201	25	44	2	0	78
Total	346	119	201	356	556	2	11	820

P-precipitação, R-rega, D-drenagem, ES-escoamento superficial, ETa-evapotranspiração atual

Balanço de azoto

A Figura 5.14a mostra a evolução do armazenamento de azoto nítrico no solo, com as respectivas entradas com a estrumação (seta em traço contínuo) e fertilização química (tracejado). Outra entrada de N no sistema corresponde à contribuição da água de rega cuja concentração é de 46.8 mg L⁻¹ de nitratos. Durante a maior parte do período de simulação o N-NO₃ mantém-se na camada mais superficial do solo, sem influenciar o armazenamento nos níveis mais profundos. Quando o armazenamento de água atinge a CC, os fluxos de drenagem que daí resultam originam arrastamento do azoto para as camadas subjacentes que, deste modo, fica fora do alcance das raízes da alface que manifesta *deficit* de absorção (Fig. 5.14c). A dinâmica do N é muito diferente das Hortas da Granja, devido às diferentes propriedades de transporte do solo. Estas limitam o movimento de água através do perfil e consequentemente do nitrato, resultando em fluxos de lixiviação nulos (Quadro 5.12), embora o armazenamento de N no solo seja sempre elevado.

O ciclo de outono-inverno é caracterizado por uma situação prolongada de armazenamento acima da CC, o que, em conjugação com elevados teores de N-NO_3 no perfil origina perdas por desnitrificação. A Fig. 5.14b) mostra os picos de amónia que ocorrem na camada superficial com as aplicações do estrume e do fertilizante químico. O armazenamento de N-NH_4 nas camadas subjacentes não é significativo pois a amónia fica retida no complexo de troca do solo sendo o excedente volatilizado devido às temperaturas favoráveis de primavera/verão.

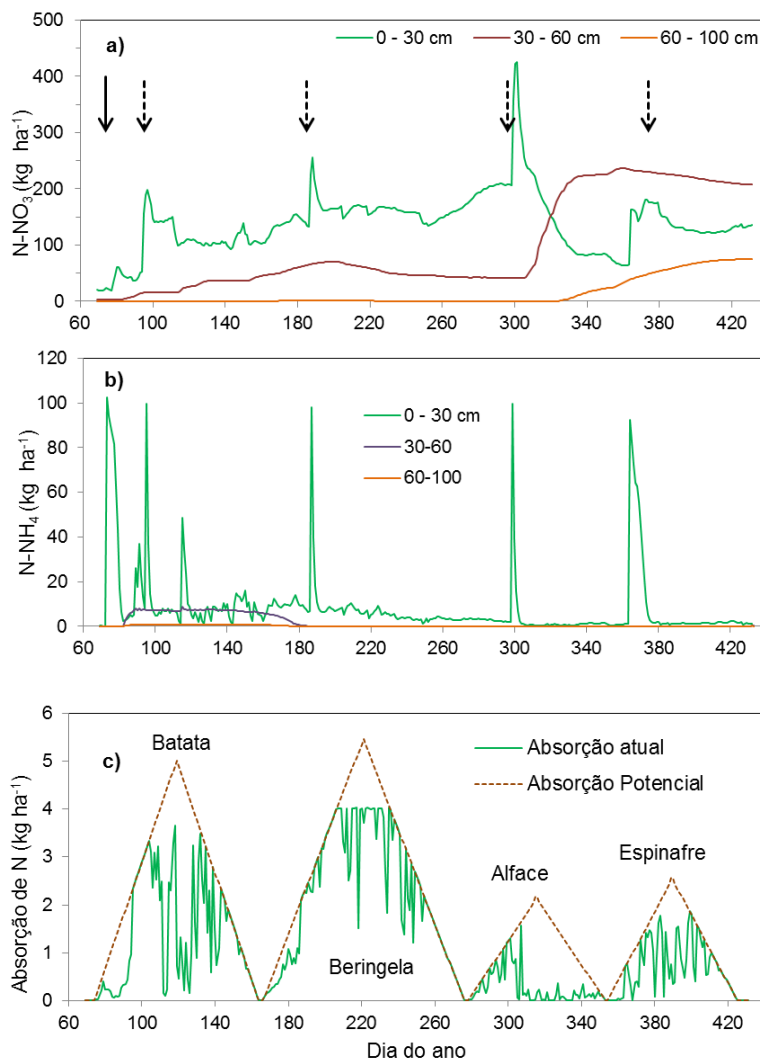


Figura 5.14 – Resultados do balanço de N dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda Conv.

O Quadro 5.12 mostra que 41 % do N fornecido (estrumeação + fertilização + água de rega) é perdido. As perdas gasosas correspondem à perda mais significativa (84% das perdas totais) incluindo a volatilização e desnitrificação. A maior parte das perdas gasosas percentuais de azoto verificam-se nos ciclos da beringela e do espinafre, culturas de primavera/verão e de outono/inverno respetivamente. No primeiro caso as perdas ocorrem por volatilização da amónia, enquanto que no 2º caso ocorrem por desnitrificação, favorecida pela manutenção do armazenamento acima da CC. A baixa permeabilidade do solo para além de atrasar a drenagem profunda e consequentemente a lixiviação de nitratos contribui, durante o ciclo da alface, para a existência de perdas de nitratos por escoamento superficial, que se contabilizam em 26% das perdas ao longo do seu ciclo.

O armazenamento de N no perfil do solo aumentou em 170 % durante o ciclo, encontrando-se no final nas camadas inferiores do perfil, constituindo potencial para lixiviação significativo. A Fig. 5.15 mostra o fluxo aos 60 cm que origina a acumulação na camada dos 60 – 100 cm.

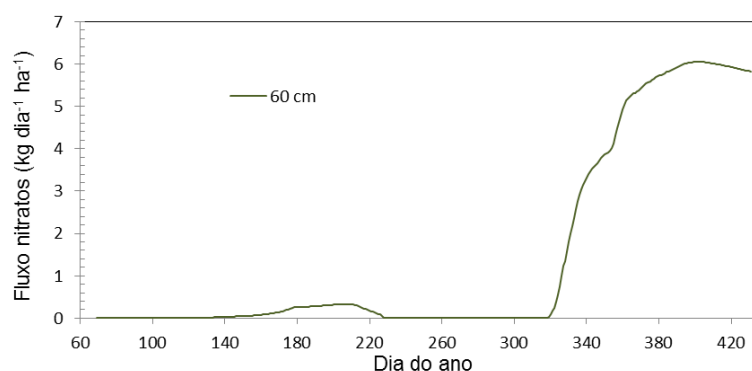


Figura 5.15 – Fluxo de nitratos aos 60 cm de profundidade.

Quadro 5.12 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Ajuda_conv. Todos os termos em kg ha⁻¹ (aplicação de 30 ton ha⁻¹ de estrume com C/N de 13)

Cultura	Período (dias)	N_Arm		N	N	N	N	N	N	N	N	N
		Início	Fim	Min	Estr	Fert	Reg	Lix	ES	Abs	Gas	Imob
Batata	74	119	220	18	230	103	14	0	4	127	117	53
Beringela	107	242	378	33	310	103	36	0	0	249	204	0
Alface	60	383	487	6	53	103	7	0	15	20	42	0
Espinafre	120	483	606	6	57	103	8	2	0	52	27	0
Total	361	119	324	63	650	412	66	2	19	448	390	53

N_Arm é o N armazenado, N_Min é o N resultante da mineralização da mo do solo, N_Est é o N disponibilizado pelo estrume, N_Fer é o N aplicado com a fertilização química, N_Reg é o N presente na água de rega, N_Lix é o N lixiviado, N_ES é o N perdido por escoamento superficial, N_Abs é o N absorvido pelas culturas, N_Gas são as perdas gasosas de N e N_imob é o N imobilizado.

5.3.5 Horta da Ajuda_Bio (08/02/2011 a 05/02/2012)

Balanço hídrico

A Fig. 5.16 apresenta as culturas instaladas. Os maiores valores de LAI são os da couve e da abóbora, sendo todas as culturas de sistema radical pouco desenvolvido.

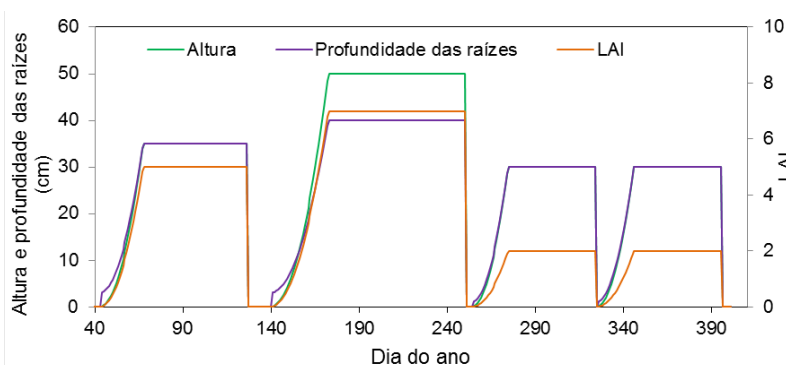


Figura 5.16 – Culturas instaladas e principais parâmetros na Horta Ajuda_Bio.

A Figura 5.17 mostra alguns termos do BH.

A Fig. 5.17b mostra que o armazenamento da água no perfil está quase sempre acima da CC, originando um fluxo de drenagem contínuo. O solo tem características idênticas ao da Ajuda_Conv, ou seja, elevada capacidade de armazenamento para a água e baixa condutividade hidráulica. No entanto, neste caso ocorre drenagem uma vez que as dotações de rega são superiores. O valor acumulado da D é, no entanto, muito inferior às Hortas da Granja.

O Quadro 5.13 mostra que a D e o ES correspondem a 12 e 5 % respetivamente do total de entradas (R+P), apresentando a ETa a maior contribuição na parcela das saídas.

A variação de armazenamento durante o ciclo anual foi de 17%, indicando acumulação de água no perfil. As perdas por D mais significativas ocorrem nos ciclos da abóbora e da 2ª alface. No primeiro caso, onde as entradas de água foram claramente superiores às necessidades da cultura, as perdas estão associadas ao excesso de rega. No caso da 2ª alface a D corresponde à saída do perfil do armazenamento que ao longo do tempo se acumulou na camada inferior do solo.

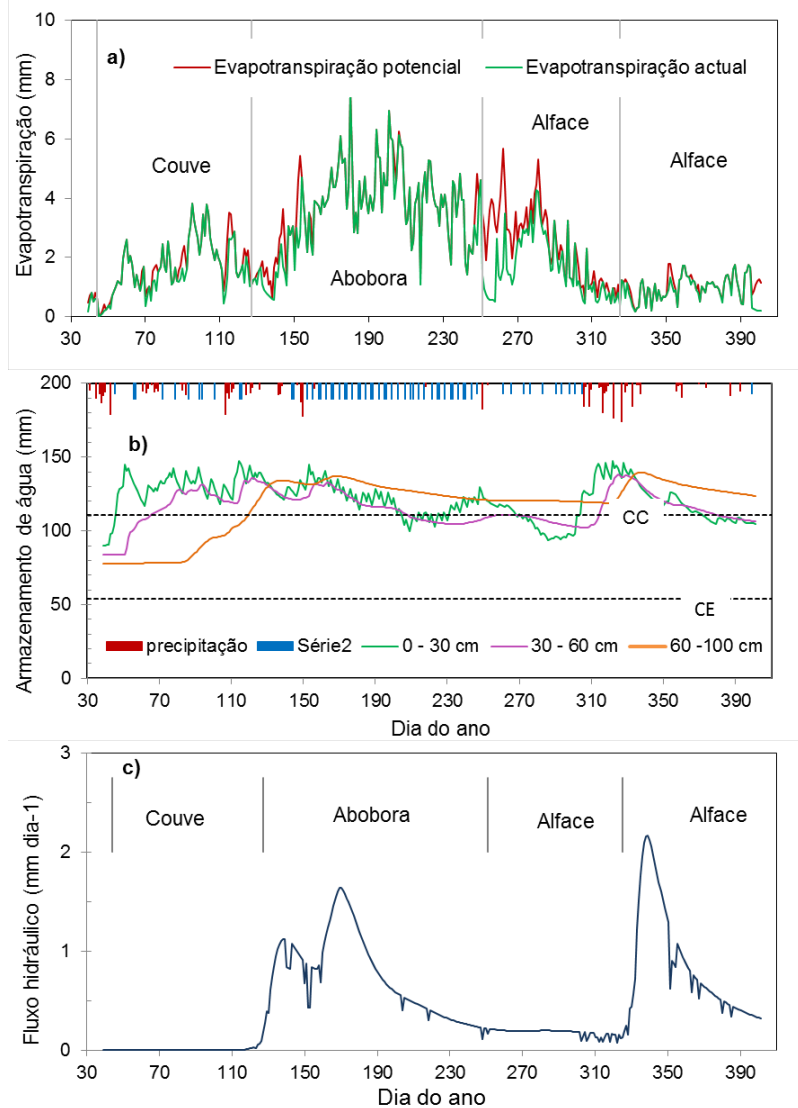


Figura 5.17 – Resultados do balanço hídrico dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda Bio.

Quadro 5.13 – Balanço hídrico até aos 100 cm de profundidade para o sistema Ajuda_Bio
(todos os termos em mm)

Cultura	Período dias	Armazenamento		P	R	D	ES	ETa
		Inicial	Final					
Couve	83	182	270	160	112	1	8	159
Abóbora	110	252	230	63	406	50	10	425
Alface	70	228	281	132	70	12	26	191
Alface	70	277	213	58	7	62	2	74
Total	333	182	213	413	595	125	45	849

P-precipitação, R-rega, D-drenagem, ES-escoamento superficial, ETa-evapotranspiração atual

Balanço de azoto

Tal como foi referido no Cap. 4, esta é a Horta onde é aplicada maior quantidade de estrume, nomeadamente de galinha, dada a sua disponibilidade no interior do próprio ciclo produtivo.

Na Fig. 5.18a, que representa a evolução do azoto nítrico armazenado no solo, a seta representa a aplicação de 60 t ha⁻¹ de estrume com C/N 13.2. Para além desta quantidade elevada, a concentração de NO₃⁻ na água de rega é de 46.8 mg L⁻¹, impondo uma carga de N elevada sobre o sistema. A Fig. 5.18a) mostra que o armazenamento de N-NO₃ chega a 500 kg ha⁻¹. Devido à baixa C/N o N é disponibilizado a uma taxa muito superior à taxa de absorção pelas culturas que satisfazem as suas necessidades plenamente (Fig 5.18c), até que com as chuvas de outono/inverno o azoto é transportado para as camadas inferiores do solo (Fig. 5.18b).

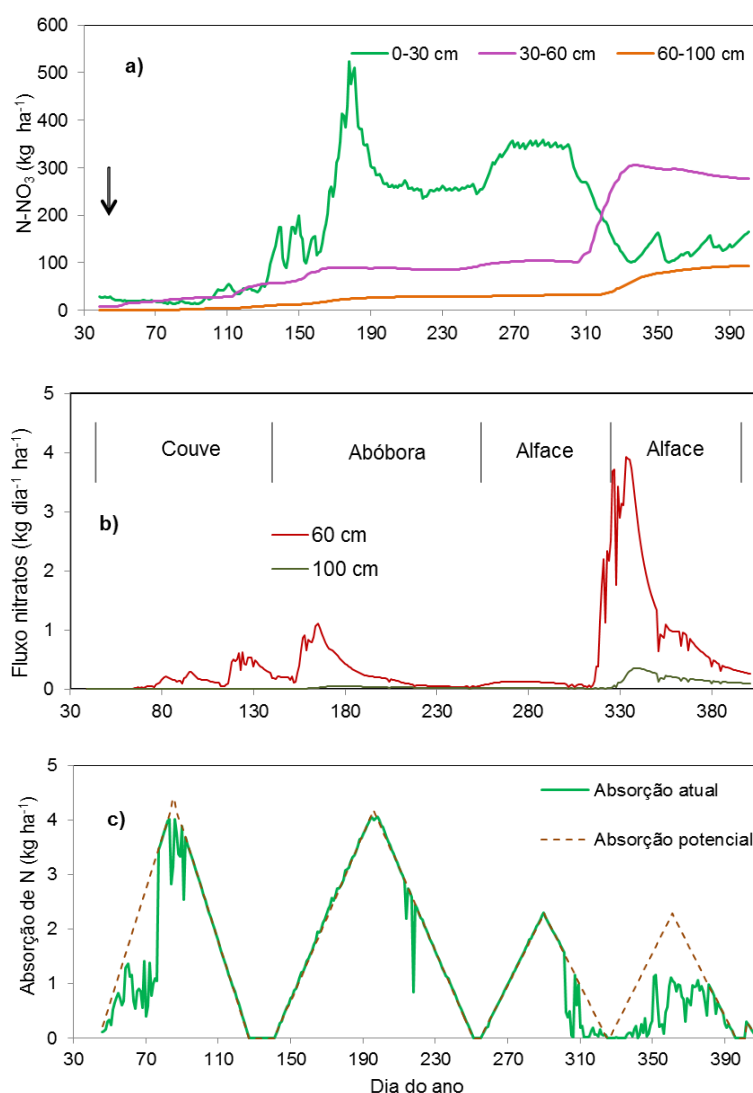


Figura 5.18 – Balanço de N dos zero aos 100 cm de profundidade, para o sistema da Horta Ajuda_Bio (a seta representa a estrumação).

Neste período, a alface, com raízes até aos 30 cm, apresenta *deficit* de N. No fim do ciclo o armazenamento dos 60 aos 100 cm de profundidade é muito elevado, constituindo elevado potencial de lixiviação durante o ciclo seguinte.

O Quadro 5.14 apresenta o balanço de N mineral entre a superfície e os 100 cm, para todo o ano cultural. Verifica-se que as perdas de N por lixiviação, na forma gasosa e imobilização correspondem a 40% do N disponibilizado pelas entradas (estrumeação + N na água de rega). A lixiviação representa 4 % das perdas totais, com importância apenas no 2º ciclo da alface (40 %). As perdas na forma gasosa representam 88 % das perdas totais, correspondendo à volatilização da NH_4^+ aplicada com o estrume no ciclo da couve e à desnitrificações devido à manutenção de teores de água superiores à CC durante longos períodos de tempo durante o ciclo da abóbora e no 2º ciclo de alface. O armazenamento de nitrato no solo aumentou em 480 kg ha^{-1} durante o ano cultural.

Quadro 5.14 – Balanço de N mineral até aos 100 cm de profundidade para o sistema da Horta Ajuda_Bio. Todos os termos em kg ha^{-1} (aplicação de 60 ton ha^{-1} de estrume com C/N 13.2)

Cultura	Período (dias)	N_Arm		N	N	N	N	N	N	N	N	N
		Início	Fim	Min	Estr	Fert	Reg	Lix	ES	Abs	Gas	Imob
Couve	83	34	242	50	525	0	14.1	0	5	143	137	43
Abóbora	110	242	395	48	495	0	43	3	0	230	240	0
Alface	70	395	450	15	156	0	9	1	25	68	56	0
Alface	70	450	518	10	102	0	1	18	0	34	26	0
Total	333	34	518	123	1278	0	67	22	30	474	459	43

N_Arm é o N armazenado, N_Min é o N resultante da mineralização da mo do solo, N_Est é o N disponibilizado pelo estrume, N_Fer é o N aplicado com a fertilização química, N_Reg é o N presente na água de rega, N_Lix é o N lixiviado, N_ES é o N perdido por escoamento superficial, N_Abs é o N absorvido pelas culturas, N_Gas são as perdas gasosas de N e N_imob é o N imobilizado.

5.3.6 Análise comparativa

Interessa apresentar um pequeno resumo que integre os comportamentos dos quatro sistemas estudados realçando as principais diferenças em termos de movimento de água e transporte de nitratos, relacionando-as com os tipos de solo e os diferentes tipos de estrume aplicados.

Verifica-se que os solos das Hortas da Granja apresentam comportamento hidráulico distinto dos solos das Hortas da Ajuda, associado ao elevado teor em argila dos últimos, que lhes confere reduzida cinética para a água e consequentemente reduzida capacidade de transporte para o nitrato ao longo do perfil. Associadas a estas características aparecem, nos solos da Granja, elevadas perdas de água por drenagem e baixa variação do armazenamento anual. Nos solos da Ajuda, as perdas por drenagem são ausentes ou

insignificantes, ocorrem algumas perdas por escoamento superficial e a maior variação do armazenamento indica acumulação de água no perfil ao longo do ciclo anual.

O sistema Granja_Conv apresenta uma condutividade hidráulica saturada de 12 cm h^{-1} , maior que o da Granja_Bio (2 cm h^{-1}), o que se traduz em maiores perdas de água por drenagem. No entanto, a lixiviação no sistema Granja_Conv é bastante menor do que no sistema Granja_Bio, o que, à partida, parece contraditório. No entanto, este facto relaciona-se com o tipo de estrume aplicado. O composto aplicado na Granja_Bio apresenta C/N de 14.3 devido à elevada quantidade de estrume de galinha e ovelha na sua composição, o que faz com que o N seja mineralizado pelos microrganismos do solo a uma taxa rápida e superior à taxa de absorção por parte das culturas, aumentando o potencial para arrastamento para fora do perfil do solo. No caso da Granja_Conv, a C/N de 20, associada a uma maior percentagem de estrume de cavalo na mistura, origina uma libertação mais gradual do N, permitindo uma absorção mais eficiente do nutriente por parte das culturas e menor disponibilidade para lixiviação.

Nos solos da Ajuda, a par das perdas por lixiviação, sem peso no balanço de N, aparecem algumas perdas associadas ao escoamento superficial, tomando grande importância as perdas gasosas por desnitrificação devido à manutenção de armazenamentos elevados de água e de N-NO_3 na camada superior do solo durante largos períodos de tempo.

As Fig. 5.19 e 5.20 resumem os pesos relativos das diferentes perdas nos balanços de água e N respetivamente.

No Anexo 6, apresentam-se estimativas do N disponibilizado por tonelada de estrume, que resultaram em valores de $19.1 \text{ Kg de N ton}^{-1}$ para a Granja_Bio, de $9.2 \text{ Kg de N ton}^{-1}$ para a Granja_Conv, de $20.9 \text{ Kg de N ton}^{-1}$ para a Ajuda_Conv e de $20.1 \text{ Kg de N ton}^{-1}$ para a Ajuda_Bio. Estes valores estão dentro dos intervalos referidos em LQARS (2000) para os mesmos tipos de estrumes.

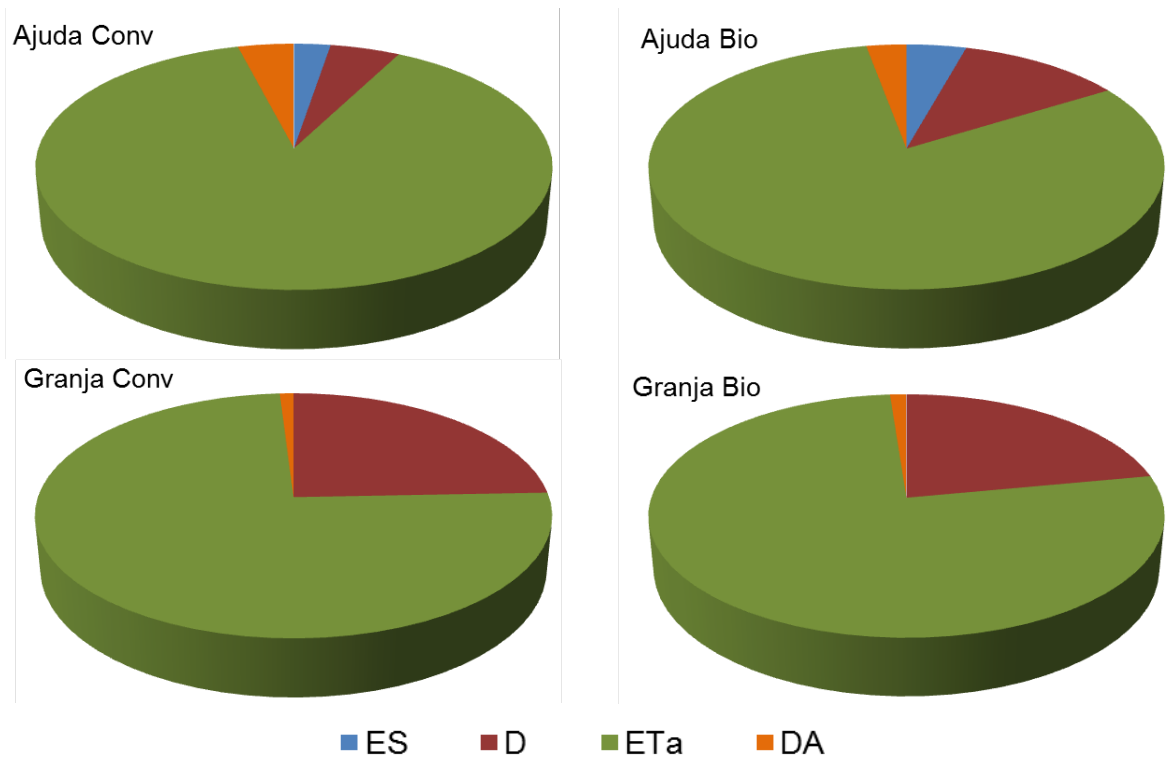


Figura 5.19 - Distribuição das entradas de água (Rega + Precipitação) no sistema pelas diferentes saídas (Escoamento Superficial, Drenagem, Evapotranspiração, e Armazenamento).

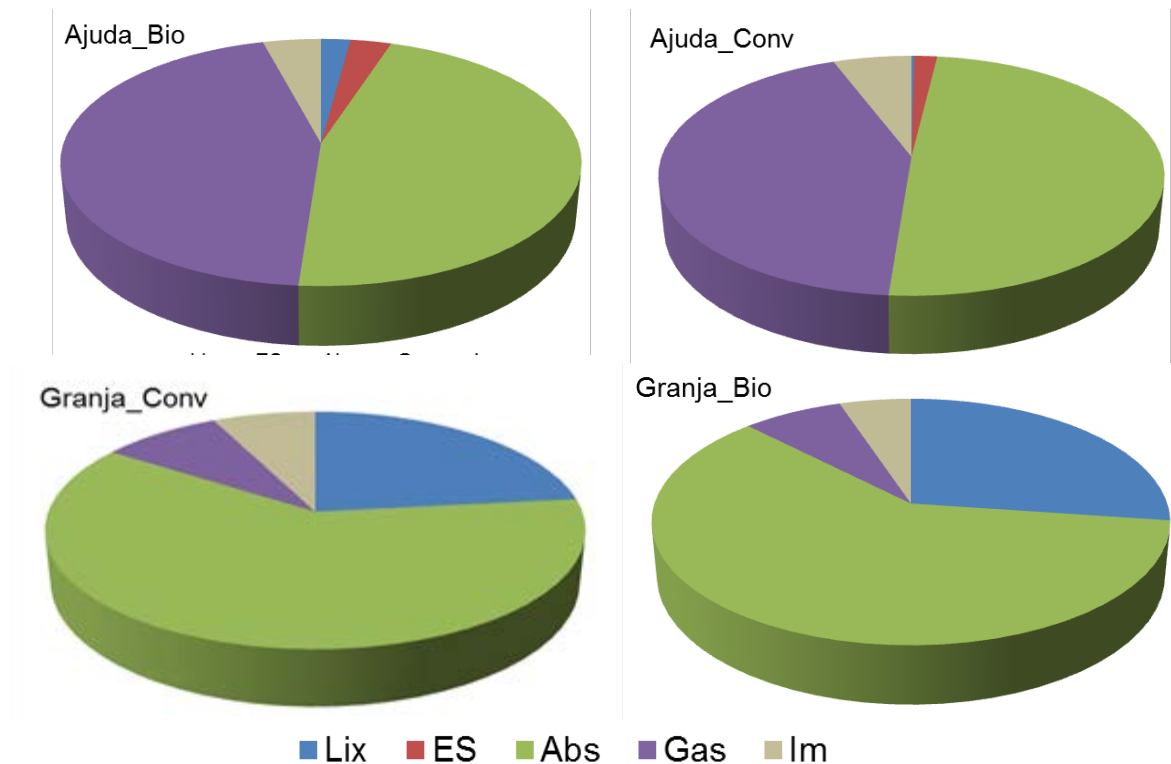


Figura 5.20 - Importância de cada saída de N do sistema (Lixiviação, Escoamento Superficial, Absorção Radical, Perdas Gasosas e Imobilização) em percentagem do total de saídas, para as quatro Hortas em estudo.

Com base na quantidade de azoto nítrico que sai da zona radical e no fluxo de drenagem, calculou-se, para as Hortas da Granja, a concentração de nitratos na água de drenagem (Quadro 5.15) para comparação com o valor máximo admissível de nitratos nas águas subterrâneas (50 mg L⁻¹).

Apresenta-se como exemplo de cálculo o caso da Granja_Bio, onde a lixiviação durante o ano cultural foi de 212 kg N ha⁻¹ e a drenagem acumulada para o mesmo período foi de 261 mm. A quantidade de nitratos na água de drenagem é dada por:

$$212 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{10^4 \text{ m}^2} \bigg/ 261 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \times 10^6 \times 4.43 = 359.8 \text{ mg L}^{-1}$$

Quadro 5.15 - Quantidade de NO₃⁻ na água de drenagem. Hortas da Granja

Horta	N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)
Granja_Bio	81	359.8
Granja_Conv	52	230.3

Estes valores são bastante mais elevados do que o máximo admissível nas águas subterrâneas. No entanto, há que considerar a diluição a que o NO₃⁻ transportado com o fluxo de drenagem estará sujeito no aquífero. Relembra-se que os teores de NO₃⁻ nos poços e minas das Hortas estão acima do VMA, o que, de certa forma, corrobora os resultados aqui apresentados.

Este parâmetro não foi calculado para as Hortas de Ajuda devido ao diferente comportamento que este sistema apresenta em relação ao movimento de água e transporte de N. Devido à baixa cinética para a água e à elevada capacidade de armazenamento dos solos da Ajuda, a drenagem não é tão significativa como nas Hortas da Granja. Como consequência o azoto nítrico é transportado muito lentamente ao longo do perfil verificando-se que, ao fim do ciclo cultural, grande parte está acumulada na camada inferior (Quadro 5.16). Encontrando-se fora do alcance das raízes, este N não poderá ter outro destino a não ser o seu transporte, embora lento, para camadas cada vez mais profundas, acabando por atingir as águas subterrâneas. O potencial de contaminação dos sistemas da Ajuda é por isso também preocupante, embora seja grande o desfasamento entre os *inputs* de N à superfície e a chegada às camadas mais profundas e eventualmente às águas subterrâneas.

Quadro 5.16 - Quantidade de N-NO₃ na camada abaixo da zona radical.
Hortas das Ajuda

Horta	N-NO ₃ (kg ha ⁻¹)
Ajuda_Bio	518
Ajuda_Conv	324

No caso da Horta do LNEC elaborou-se uma estimativa do aumento de nitrato no aquífero em resultado da aplicação de fertilizantes nas hortas. Para tal, conjugaram-se os resultados de dois modelos de simulação: o modelo RZWQM, utilizado no presente trabalho para o cálculo das perdas de nitratos por lixiviação abaixo dos 100 cm, e o modelo BALSEQ_MOD, utilizado no âmbito do trabalho desenvolvido por Lobo Ferreira *et al.* (2013) para o cálculo da recarga anual no *campus* do LNEC. Estes últimos resultados relativos ao balanço de água, efetuados por Lobo Ferreira *et al.* (2013) através do BALSEQ_MOD, foram recalculados no LNEC apenas para a área hortícola (cerca de 414 m², Fig. 5.21), tendo-se obtido o volume de recarga anual de água de 55.3 m³ ano⁻¹.



Figura 5.21 – Área hortícola do campus do LNEC.

No presente trabalho estimou-se a carga de N total aos 100 cm, para o ano 2012 na horta do *campus* do LNEC. Para tal, calcularam-se através do RZWQM, os balanços de N, a respeito da parcela TL, para os períodos de fertilização de Verão (de 36 dias) e de Inverno (de 136 dias), em que havia disponibilidade de dados reais, i.e. onde havia água nas cápsulas. No restante período não se observou lixiviação. O modelo foi parametrizado de acordo com o descrito no capítulo 5.2 e a simulação ocorreu após a calibração e validação descritas em 5.3. Os resultados dos balanços parciais de N, apresentam-se nos quadros 5.17 e 5.18.

Quadro 5.17 – Balanço do N da parcela LNEC_TL para o período de 31/05/12 a 6/07/12

LNEC_TL_Verão		Armazenamento N_min		N_Lix	N_Abs
Cultura	Período (dias)	Início	Fim	(kg ha-1)	(kg ha-1)
Alface	36	28.0	0.1	1.4	26.8

Quadro 5.18 – Balanço do N da parcela LNEC_TL para o período de 29/09/12 a 9/02/13

LNEC_TL_Inverno		Armazenamento N_min		N_Lix	N_Abs
Cultura	Período (dias)	Início	Fim	(kg ha-1)	(kg ha-1)
Alface	134	0.0	0.0	0.6	48.1

Pressupondo idênticas condições da parcela TL para a totalidade da área da horta do *campus* do LNEC e, ainda, que os balanços parciais de N obtidos para os períodos considerados de Verão e de Inverno são representativos do ano 2012, estimou-se um total

de 2.0 kg de N ha⁻¹ano⁻¹ não aproveitados pelas plantas e, por isso, passíveis de serem lixiviados em profundidade até atingir o aquífero.

Considerando uma recarga anual de 133.6 mm, para a área da horta (414 m²) esse valor corresponde a um volume de recarga de 55.3 m³ ano⁻¹. A integração dos resultados obtidos pelos dois modelos aplicados às hortas do *campus* do LNEC permitiram identificar um fluxo de drenagem com concentração de 6.63 mg L⁻¹ de nitrato e uma quantidade total de nitrato de 0.367 kg ano⁻¹. Estes valores de concentração estão de acordo com os efetivamente registados e modelados (cf. Fig. 5.5).

5.4 IMPLEMENTAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS PARA A REDUÇÃO DA LIXIVIAÇÃO DE NITRATOS NAS HORTAS URBANAS

Conforme revela a análise dos resultados da modelação e a estimativa da qualidade da água de drenagem, existem atualmente nas Hortas Urbanas estudadas fluxos significativos de nitratos para fora da zona explorada pelas raízes, o que é confirmado pelas elevadas concentrações em nitratos que as respectivas fontes de água apresentam (83.5 e 66.8 mg L⁻¹ para a Horta de Granja_Conv e 46.8 mg L⁻¹ para as Hortas de Ajuda).

Verificou-se existirem duas épocas distintas para a ocorrência de lixiviação de nitratos, a época de rega na primavera/verão e a época das precipitações de outono/inverno, indicando que é necessária a integração da gestão da rega e da fertilização para a redução das referidas perdas (Cap. 2).

Neste ponto pretendem fornecer-se algumas orientações de carácter prático que possam ser adotadas no contexto da horticultura urbana em Lisboa, por apresentarem baixo custo e por serem de fácil utilização pelos hortelões urbanos, com o devido acompanhamento por um técnico da CML. As orientações sugeridas para reduzir as perdas de azoto, incidem sobre a rega e a fertilização e foram desenvolvidas a partir da identificação da origem dos desequilíbrios nos balanços de água e azoto efetuada no ponto 5.3. As técnicas a implementar devem incidir em dois níveis: i) controlo dos volumes de rega aplicados e ii) controlo do armazenamento de N no perfil ao longo do tempo, através do controlo da fertilização.

Durante a estação de rega, a via a adotar para reduzir as perdas é, segundo os resultados anteriores, a manutenção do armazenamento do solo abaixo da CC. A gestão da rega deve ser feita de modo a controlar os volumes de água aplicados para não originarem fluxos de drenagem e consequentemente de lixiviação. Por outro lado, o controlo do armazenamento de N é feito através da gestão da aplicação de fertilizantes químicos e orgânicos. Este último tem extrema importância para a lixiviação durante o outono/inverno, uma vez que não é possível controlar a precipitação.

Os hortelãos gerem a rega em função do clima ou do número de baldes que devem por hábito ser aplicados, sendo estes critérios muito variáveis de horticultor para horticultor. Desta forma, a gestão da rega raramente toma em consideração as necessidades das diferentes culturas instaladas. Para responder à necessidade de existir uma condução da rega, deve-se recorrer a métodos que meçam ou estimem a humidade do solo ou outra variável com ela relacionada. Uma solução técnica de baixo custo e de fácil implementação é a utilização de tensiómetros mecânicos, Fig. 5.22, capazes de estimar a oportunidade de rega. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso entre os horticultores da zona vulnerável de Esposende, que com o acompanhamento de um técnico conseguiram reduzir significativamente as perdas por drenagem e a lixiviação de N das suas parcelas (Agostinho, 2006). O tensiómetro é um aparelho que mede a tensão com que a água está retida pelas partículas do solo (potencial matricial). À medida que a água do solo é perdida por evaporação, drenagem ou absorção pelas plantas, a tensão associada à retenção da água pelo solo aumenta fazendo subir a leitura no manómetro. Quando se aplica água ao solo (rega ou precipitação) a tensão diminui, assim como a leitura no manómetro (Oliveira *et al.*, 2003). De acordo com a textura do solo pode decidir-se para que valor da tensão se quer despoletar a rega, em fração do armazenamento completo na capacidade de campo (CC). Considera-se que a CC ocorre para a tensão de 1/3 bar (33 cbar) em solos de textura pesada e 1/10 bar (19 cbar) para solos de textura ligeira. O Quadro 5.19 é o exemplo de um quadro que poderia ser apresentado ao hortelão para o ajudar a controlar a frequência de rega para redução das perdas de água por drenagem, onde se propõe que seja feita uma rega (oportunidade de rega) quando se esgota metade da capacidade de armazenamento do solo.



Figura 5.22 – Tensiómetro instalado numa cultura.



Quadro 5.19 – Guia para a utilização de tensiómetros para condução da rega

Estado hídrico do solo	Tipo de solo	Leitura no tensiómetro (cbar)
Solo na CC NÃO REGAR	Arenoso, Arenoso Franco	5-10
	Franco-Arenoso, Franco, Franco-Limoso	10-20
	Franco –Argiloso, Argiloso	20-40
Solo com 50 % do armazenamento máximo REGAR	Arenoso, Arenoso Franco	20-40
	Franco-Arenoso, Franco, Franco-Limoso	40-60
	Franco –Argiloso, Argiloso	50-100

Segundo Oliveira (2003) o tensiómetro é um instrumento importante e indicado para uso prático na programação de rega, uma vez que é de resposta rápida, de fácil leitura e a sua utilização pode ser repetida sem grandes perturbações do solo. Exige o mínimo de manipulação e o seu custo é relativamente modesto, podendo oscilar entre os 80 e 150 € por unidade, dependendo do comprimento.

Nos períodos chuvosos é difícil conseguir o controlo da humidade do solo. Nestes períodos o controlo da lixiviação depende do N armazenado no perfil do solo e disponível para lixiviação, que depende em grande parte das aplicações de N, orgânicas ou minerais, anteriormente realizadas pelo hortelão.

Sendo a fertilização orgânica uma constante da agricultura urbana em Lisboa e, sendo o composto aplicado frequentemente o resultado de uma mistura de varias fontes orgânicas, torna-se de primordial importância garantir que a razão C/N do composto resultante apresente os valores ótimos recomendados de 20 a 30 (Santos, 2012). Assim, o azoto é libertado de forma gradual ao mesmo tempo que é absorvido pelas culturas, reduzindo a sua disponibilidade para lixiviação. No contexto das hortas urbanas e com o perfil do hortelão descrito no Cap. 4, é obviamente difícil garantir este controlo. Existem programas de cálculo muito simples que ajudam a estabelecer as proporções adequadas de cada componente orgânica, animal e vegetal e que poderiam ser utilizados pelos técnicos para aconselhar os hortelãos na elaboração do composto. É o caso do programa disponível em <http://www.klickitatcounty.org/solidwaste/fileshtml/organics/compostcalc.htm>.

No caso da fertilização com adubos minerais azotados, recomenda-se a utilização de adubos de libertação controlada de azoto, embora sejam mais dispendiosos que os normais. Em alternativa e/ou complemento propõe-se o fracionamento da adubação em pelo menos duas coberturas. No entanto, de acordo com os resultados obtidos por modelação, os hortelãos devem ser incentivados a não aplicar adubação química, uma vez que a fertilidade dos solos e as aplicações das adubações orgânicas permitem satisfazer as necessidades das culturas. A boa fertilidade dos solos de outras hortas urbanas de Lisboa foi demonstrada por Howorth (2011). Para além disso, em alguns casos verificou-se que era significativa a contribuição do N presente na água de rega retirada dos poços ou minas como entrada de

N. A diminuição dos *inputs* de fertilização e/ou estrumação iriam promover a reciclagem deste N contribuindo para a “limpeza” das águas subterrâneas.

Uma técnica que também poderá ser eficiente no controlo da lixiviação nos períodos de precipitação será a instalação de culturas com sistema radical mais profundo, desde que se adequem à época.

À luz da experiência obtida no desenvolvimento do presente trabalho, admite-se que dificilmente os agricultores urbanos conseguirão por si desenvolver um plano de fertilização adequado, sendo por isso fundamental o acompanhamento, por parte da autoridade competente. No auspício de uma maior integração da agricultura urbana com o planeamento urbano, por um lado os agricultores poderiam manter um sistema de registo que, para cada parcela e ano após ano, indique as culturas e as fertilizações adotadas, datas de aplicação e produções obtidas.

Por outro lado, deveriam existir serviços de apoio locais competentes que efetuassem análise do solo e emitissem recomendações de fertilização, aproveitando convenientemente a informação registada pelos hortelãos, contribuindo para o estabelecimento de um plano de fertilização baseado no balanço dos nutrientes e da água da exploração. A sua consideração no Plano Verde poderia facilitar e viabilizar a implementação de técnicas simples de rega e de fertilização que introduziriam melhorias significativas na gestão contribuindo para a proteção das águas superficiais e subterrâneas. Ao mesmo tempo, seriam garantidos os níveis de produtividade das culturas, evitando-se desperdícios de *inputs*.

CAPÍTULO 6. SÍNTESE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 SÍNTESE

O principal objetivo deste trabalho foi estudar a problemática dos nitratos de origem agrícola nas hortas urbanas de Lisboa, com recurso a uma metodologia integrada de experimentação e modelação numérica, escolhendo para o efeito três áreas de estudo.

Hortas urbanas de Lisboa: situação atual e relevância do tema

Como é do conhecimento geral, as hortas urbanas existem há muito tempo na cidade de Lisboa, embora mais recentemente se tenha registado uma maior procura de espaços para o seu desenvolvimento, o que se traduziu no nascimento espontâneo e desregulado de muitas novas áreas de cultivo em terrenos urbanos que não estão aproveitados para outros fins. Este facto levou a que a Câmara Municipal de Lisboa procurasse sistematizar e regulamentar as hortas já existentes, desde que cumprissem os requisitos necessários, e também promover a criação de novos espaços hortícolas. Esta situação faz com que qualquer pessoa possa tornar-se hortelão, mesmo sem conhecimento na matéria. Como consequência, verificam-se aplicações indiscriminadas de estrumes o que, aliado a dotações de rega que ultrapassam a capacidade de armazenamento dos solos, constituem elevado potencial para lixiviação do N para fora da zona de extração das raízes e em direção às águas subterrâneas. Esta situação pode causar problemas para o ambiente e para a saúde humana, constituindo uma preocupação que deve ser considerada.

Calibração e validação do modelo RZWQM

O modelo RZWQM foi calibrado e validado para a horta do *campus* do LNEC para os períodos de verão e de inverno respetivamente, uma vez que se dispunha de séries temporais, em profundidade, de teores de NO_3^- na solução do solo.

Balanços de água e N para os sistemas hortícolas da Granja e da Ajuda

Para as Hortas da Granja e da Ajuda o modelo foi aplicado com o objetivo de estudar os processos relacionados com o movimento de água no perfil e sua utilização pelas culturas (ET_a) e dos processos relacionados com o transporte convectivo de N e a sua absorção pelas plantas. Estes processos são fortemente influenciados pelas práticas de rega e fertilização/estrumeação, pelo que estas foram caracterizadas com base em inquéritos realizados a uma amostra de hortas urbanas. De entre esta escolheram-se quatro Hortas casos de estudo, duas na Ajuda (biológica e convencional) e duas na Granja (biológica e convencional).

6.2 CONCLUSÕES

Após calibração o modelo simula com precisão a disponibilização de N após fertilização, bem como a sua depleção no solo em resultado da absorção pelas raízes da cultura e

também o transporte convectivo para as camadas subjacentes. O modelo foi validado com dados independentes obtidos durante o período de inverno, tendo-se concluído que está apto para ser utilizado para a gestão da rega e fertilização no sistema do LNEC.

Verificou-se que as Hortas da Ajuda e da Granja têm diferentes impactos em associação aos diferentes tipos de solo, embora também relacionados com as práticas de gestão. Os solos da Granja apresentam comportamento hidráulico distinto dos solos da Ajuda, associado essencialmente ao elevado teor em argila dos últimos, que lhes confere reduzida cinética para a água e consequentemente reduzida capacidade de transporte para o nitrato ao longo do perfil. Associadas a estas características aparecem, nos solos da Granja, elevadas perdas de água por drenagem e baixa variação do armazenamento anual. Nos solos da Ajuda, as perdas por drenagem são ausentes ou insignificantes, ocorrendo algumas perdas por escoamento superficial e acumulação de água no perfil ao longo do ciclo anual.

O sistema Granja_Conv apresenta maiores perdas por drenagem que o da Granja_Bio, no entanto a situação inverte-se no que diz respeito à lixiviação, o que, à partida, parece contraditório. No entanto, este facto relaciona-se com o tipo de estrume aplicado. O composto aplicado na Granja_Bio apresenta C/N de 14.3 devido à elevada quantidade de estrume de galinha e ovelha na sua composição, o que faz com que o N seja mineralizado pelos microrganismos do solo a uma taxa rápida e superior à taxa de absorção por parte das culturas, aumentando o potencial para arrastamento para fora do perfil do solo. No caso da Granja_Conv, a C/N de 20, associada a uma maior percentagem de estrume de cavalo na mistura, origina uma libertação mais gradual do N, permitindo uma absorção mais eficiente do nutriente por parte das culturas e menor disponibilidade para lixiviação.

Nos solos da Ajuda, a par das perdas por lixiviação, sem peso no balanço de N, aparecem algumas perdas associadas ao escoamento superficial, tomando grande importância as perdas gasosas por desnitrificação devido à manutenção de armazenamentos elevados de água e de N-NO_3 na camada superior do solo durante largos períodos de tempo. No entanto, tomando em consideração o azoto armazenado nas camadas mais profundas do solo, o potencial de contaminação da água subterrânea pode ser tão, ou até mais, preocupante para as Hortas de Ajuda do que para as Hortas da Granja.

A utilização do modelo RZWQM, para além de permitir a análise detalhada dos balanços de água e N em cada sistema hortícola, conduziu à obtenção de dois resultados importantes:

(i) O azoto disponibilizado por tonelada de estrume aplicado, em função da C/N, que apresenta os valores de 19.1, 9.2, 20.1 e 20.9 $\text{kg ton}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para as Hortas Granja_Bio, Granja_Conv, Ajuda_Bio e Ajuda_Conv respetivamente;

(ii) A qualidade da água de drenagem. Nos sistemas hortícolas da Granja_Bio e da Granja_Conv perdem-se anualmente, por percolação profunda, 261 e 300 mm respetivamente. Este fluxo de drenagem apresenta a concentração média em NO_3^- de 230.3 e 359.8 mg L^{-1} respetivamente. Estes valores estão acima do máximo valor admitido de 50 mg L^{-1} de NO_3^- . Para além disso, devemos pensar no efeito cumulativo decorrente da aplicação durante vários anos das mesmas práticas de gestão da rega e da fertilização. De facto, foi a perpetuação no tempo da má gestão agrícola urbana que fez com que as concentrações de nitrato superassem o máximo permitido nas águas de muitas das fontes utilizadas nas hortas urbanas de Lisboa, que atingem os valores de 83.5 (mina), 66.8 (poço) e 46.8 para as Hortas de Granja_Conv e Ajuda respetivamente. Esta contaminação pode originar a eutrofização das águas superficiais, mas pode afetar a saúde pública, uma vez que alguns hortelãos admitiram consumir a água da mina utilizada para a rega.

6.3 RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos neste trabalho, no que diz respeito ao risco de poluição ambiental, revelam que as características do solo e a gestão da rega e da fertilização têm influência significativa na quantificação e na distribuição das perdas de azoto. À luz da experiência obtida conclui-se que a implementação de técnicas para a redução da lixiviação tem importância especial no contexto urbano de Lisboa. Nesse contexto propõe-se o seguinte:

- Controlo da lixiviação nos períodos de primavera/verão: Uma solução técnica de baixo custo e de fácil implementação é a utilização de tensiómetros mecânicos capazes de estimar a oportunidade de rega, mantendo-se o teor de água do solo abaixo da capacidade de campo, reduzindo-se a drenagem profunda;
- Controlo da lixiviação de N nos períodos de outono/inverno: Nos períodos chuvosos é difícil controlar a humidade do solo devido à aleatoriedade da precipitação. O controlo da lixiviação depende do N armazenado no perfil e disponível para lixiviação, que depende em grande parte das aplicações de N. Existem programas de cálculo simples que ajudam a estabelecer as proporções adequadas de cada componente orgânico e que poderiam ser utilizados no aconselhamento dos hortelãos na elaboração do composto;

Por outro lado, teria grande utilidade o estudo do transporte dos nitratos através da zona não saturada até às águas subterrâneas e da sua diluição no aquífero. Eventuais investigações capazes de integrar os resultados obtidos no presente trabalho poderiam contribuir para adequar a monitorização e a quantificação da contaminação da água subterrânea por nitrato de origem agrícola, viabilizando soluções adaptadas para a redução do problema. A realização de uma melhor gestão da AU em Lisboa é uma prática viável, existindo o Plano Verde que poderia tornar-se um fator chave para a sustentabilidade das HU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addiscott, T.M. e Bland, G.J., 1988. Nitrate leaching and soil heterogeneity. In: Smith, K.A. e D.S. Jenkinson (eds), Nitrogen efficiency in Agricultural soils, Elsevier, Barking, Essex, 394-408 p.
- Agostinho, J.M.S, 2006. Avaliação de técnicas para redução das perdas de azoto nos sistemas agrícolas da zona vulnerável do aquífero livre de esposende e vila do conde, Dissertação de doutoramento. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa 2006.
- Ahuja, L., Rojas, K., Hanson, J., Shaffer, M., Ma, L. 1999. RZWQM, Modeling management effects on water quality and crop production, Water Resources Publications, LLC, Colorado USA.
- Ahuja, L.R., Rojas, W.K, Hanson, J.D., Shaffer, L., Ma, L. 2000. Root Zone Water Quality Model, Modeling Management Effects on Water Quality and Crop Production. Water resources Publications, LLC, P.O. Box 630026, Highlands Ranch, Colorado 80163-0026, U.S.A.
- Ajmone-Marsan, F., Biasioli, M., Kralj, T., Greman, H., Davidson, C.M., Hursthouse, A.S., Madrid, L., Rodrigues, S. 2008. Metals in particle-size fractions of the soils of five European cities. Environmental Pollution, Vol. 152. 73-81 p.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Alves, J.A., 1986. Fertilidade de alguns solos e problemas dela decorrentes. INIA, Lisboa. 82 p.
- Amado, M.P, 2005. Planeamento Urbano Sustentável, Caleidoscópio, Casal de Cambra, 234 p.
- Anonymous, 1996. Farms in the city. UNESCO courier, April 96. 49 (4), 25 p.
- Anonymous, 2004. Urban farming threatens Harare water sources. Finance Custom Wire.
- Azevedo, A.S; Kanwar, R.S; Pereira, L.S. 2000. Atrazine transport in irrigated heavy- and coarse-textured soils, Part II: simulations with the Root Zone Water Quality Model. J. Agric.Eng. Res., 76 (4): 341-354 p.
- Bairoch, P., 1985. De Jéricho à Mexico: villes et économie dans l'histoire. Paris: Gallimard. 706 p.
- Bird, R., 2001. Manual Prático de Horticultura, Editorial Estampa, Lisboa, 256 p.
- Bittencourt, M.V.L., 2009. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1); Economia & Tecnologia – Ano 05, Vol. 18.

- Boink, A., Speijers, G., 2001. Health effect of nitrates and nitrites, a review. *Acta Horticulturae*, n. 563. 29-36 p.
- Boland, J. 2005. *Agricultura Urbana – Produção de Hortícolas na Cidade*. Fundação Agromisa, Wageningen.
- Bouniols, A., J.R. Marty, R. Blanchet, R. Puech e A. Chalamet. 1987. Alimentation azoté du soja dans diferents conditions culturales: consequences por la production et la rotation. In: *Nutrition azotée des legumineuses*, Les colloques de l'INRA editions, Paris, 285-292 p.
- Bouwman, A., 2001. Global estimates of gaseous emissions from agricultural land. Rome, FAO.
- Bouwman, A., Lee, D., Asman, A., Dentener, F., Van Der Hoek, K. e Olivier, J. 1997. Global high-resolution emission inventory for ammonia. *Global Biogeochemical Cycles*, 11(4): 561-587 p.
- Brooks, R. e Corey, A., 1964. Hydraulic properties of porous media. *Hydrology papers*, nº3. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Cameira, M.R., Fernando, R.M., Ahuja, L, Ma, L., 2007. Using RZWQM to Simulate the Fate of Nitrogen in Field Soil – Crop Environment in the Mediterranean Region. *Agricultural Water Management*, 90:121-136 p.
- Cameira, M.R.C., 1999. Balanço de água e azoto em milho regado no vale do Sorraia: Discussão dos processos de transferência e aplicação do modelo RZWQM98. Dissertação de doutoramento. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Cameira, M.R.C., Sousa, P.L., 1997. Gestão integrada da rega e da fertirrega com recurso ao modelo RZWQM, *Gestão integrada de água do solo em regadio*. (Ed.) Sousa, P.L. e Sebastião, S. CEER-DRARO. Lisboa, 1997, 19-37p.
- Cameira, M.R., Fernando, R.M., Ahuja, L., Pereira, L.S., 2005. Simulating the Fate of Water in Field Soil–Crop Environment *Journal of Hydrology* Vol 315/1-4. 1-24 p.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., 1982. Changes in mineral N AMD numbers of bactéria AMD actinomycetes during two years under wheat-fallow in Southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of soil Science*, Florida, 62: 125-37 p.
- Carta de Atenas, 1933. IV Congresso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM).
- Celia, M.A., Bouloutaas, E.T., Zarba, R.L., 1990. A general mass-conservative numerical solution for the unsaturated flow problems. *Adv. Water Resour. Res.* 26: 1483-1496 p.
- Chilvers, C., Inskip, H., and Caygill, C., 1984. A survey of dietary nitrate in well-water users. *International journal of epidemiology*. 13, 324-331 p.

- CML, 2010. Revisão PDM “Relatório de síntese de caracterização Biofísica de Lisboa no âmbito da revisão do Plano Diretor Municipal de Lisboa”.
- Cockborne, A.M. e Brukler, L., 1995. Estimation du bilan hydrique et azote: le cas d'une petite région agricole maraîchère méditerranéenne (Gard), *Sécheresse*, 6:189-200 p.
- De Bon, H. 2001. Annotated Bibliography on Urban Agriculture. ETC - Urban Agriculture Programme Leusden.
- Deelstra, T., e Girardet, H., 2001. Urban agriculture and sustainable cities. In Bakker, N., Dubbeling, M., Guendel, S., Sabel Koschella, U., Zeeuw, H. (Eds.), *Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda; A reader on urban agriculture*, 43-64 p. Leusden, Netherlands: Resource Centre on Urban Agriculture and Forestry.
- DGOTDU, 2000. Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano. Vocabulário do Ordenamento do Território, Coleção Informação 5, 189 p.
- Dias, J. C. S., 2008-2009. Fertilização orgânica em horticultura biológica, material didático para a disciplina de Horticultura Herbácea, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Drescher, A., 2001. The German Allotment Gardens, a Model For Poverty Alleviation and Food Security in Southern African Cities? Stellenbosch: FAO/University of Stellenbosch.
- Fadigas, L.S., 1993 A Natureza na Cidade Uma Perspectiva para a sua Integração no Tecido Urbano, Universidade Técnica de Lisboa- Faculdade de Arquitectura, Lisboa, 231 p.
- FAO, 1998. Majority of people live in cities by 2005. Web page information FAO: <http://www.fao.org/NEWS/FACTFILE/FF9811-E.HTM>.
- Franco, M. A. R., 2000. Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável, Editora da FURB, 294 p.
- Germann, P. e Beven, K., 1985. Kinematic wave approximation to infiltration into soil with sorbing macropores. *Water Resources Research*, 21:990-996.
- Girardet, H., 2007. Criar Cidades Sustentáveis, Edições Sempre-em-Pé, Águas Santas, 88 p.
- Gumbo, D.J., Ndiripo, T.W. 1996. Open space cultivation in Zimbabwe: case study of Greater Harare, Zimbabwe. *African Urban Quarterly* 11 (2-3): 210-216 p.
- Hanus, H. e Fahnert, D. 1989. Influence of nitrogen fertilization on the nitrate contamination of groundwater. In: Protection of water quality from Harmful Emissions with Special Regard to Nitrate and Heavy Metals. Proceeding of the 5th International Symposium of CIEC, 1-4 September, 1987. E.Welte and I.Szabolcs (eds.), Balatonfüred, Hungary, CIEC, Budapest, 149-154 p.

- Harmsen, G.W. e Kolenbrandes, G.J. 1965. Soil inorganic nitrogen. In: Bartholomew W. e F.E. Clark (eds), Soil nitrogen., American Society of Agronomy. Wisconsin, 43-74 p.
- Heathwaite, A., Burt, T., Trudgill, S. 1993. Nitrogen cycling and nitrate production in catchment's ecosystems. In: Burt, T., Heathwaite, A., Trudgill, S. (eds) Nitrate- processes, patterns and management. J.W & sons. 3-21 p.
- Heerman, D.F., Duke, H.R. e Schilfgaard, J., 1989. Management of water balance components. In: Follet, R.F. (ed), Elsevier Nitrate management and groundwater protection, Amsterdam, 319-359 p.
- Heinegg, A., Maragos, P., Mason, E., Rabinowicz, J., Straccini, G., Walsh, H. 2002. Soil Contamination and Urban Agriculture – A practical guide to soil contamination issues for individuals and groups. McGill University, Montreal, Quebec.
- Higueiras, E., 2006. Urbanismo Bioclimático, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 241 p.
- Hillel, D., 1980. Fundamentals of soil physics. Academic Press, London, 233-240 p.
- Howorth, A. R. N. S., 2011. As Hortas Urbanas da Área Metropolitana de Lisboa: Caracterização e Fertilidade dos Solos. Dissertação de mestrado. Instituto Superior de Agronomia. UTL, Lisboa.
- Jury, W.; Gardner, W. e Gardner, W., 1991. Soil physics. 5^a (ed.), John Wiley & Sons, N.York.
- Katz, B.G., Lindner, J.B., Ragone, S.E., 1980. A comparison of nitrogen in shallow ground water from sewer AMD unsewered areas, Nassau County, New York, from 1952 through 1976. Ground Water 18, 607–615 p.
- Kliebsch, K., Muller, U., VanderPloegh, R.R., 1998. Nitrate leaching from urban soils in a rural community in north western Germany. Z. Pflanzenernahr. Bodenkd. 161, 571–576 p. (in German, with English abstract).
- Lafolie, F. e Neel, G., 1997. Migration du nitrate dans la zone non saturée et impacts sur la qualité des eaux souterraines. In: G.Lamaire e B. Nicolardot (eds), Maitrise de l'azote dans les agrosystèmes, INRA editions, Paris, p. 55-68
- Leifert, C., Fite, A., Li, H., Golden, M., Mowet, A., Frazer, A., 1999. Human health effects of nitrate. In: IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition, 1999, Barcelona. Proceeding Barcelona: IFA, 9 p.
- Leitão, T.E., Laranjeira, I., Oliveira, L., Paralta E., Lobo Ferreira, J.P., Cunha, M.C. e Terceiro, P., 2009 - Metodologias para um melhor planeamento e gestão do uso do solo agrícola atendendo à vulnerabilidade dos aquíferos à poluição difusa. Relatório Final. Relatório 301/2009-NAS, 206 p. (<http://www->

ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/POCI_PDifusa_Relatorio_2008_Final.pdf)

- Lobo Ferreira, J.P.; Vaz Pinto, I.; Monteiro, J.P.; Oliveira, M.M.; Leitão, T.E.; Nunes, L.; Novo, M.E.; Salvador, N.; Nunes, J.F.; Leal, G.; Pombo, S.; Silva, M.F.; Igreja, A.; Henriques, M.J.; Silva, D.; Oliveira, L.; Martins, T.; Martins, J.; Braceiro, A.; Henriques, R.S.; Martins, R. (2011a): Plano de gestão da Região Hidrográfica do Tejo - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Versão de Agosto de 2011). Consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE. Rel. 289/2011 – NAS. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., 1056 pp.
- Lobo Ferreira, C.J.P.C, Henriques, M.J., Martins, T., Leitão, T.E., Novo, M.E., Oliveira, M.M, Oliveira L.G.S., Pope, L., 2013. Estudo da viabilidade de utilização das águas subterrâneas do campus do LNEC, nomeadamente para abastecimento aos modelos físicos do pavilhão de hidráulica marítima. I & D Hidráulica e Ambiente Estudo elaborado no Âmbito do Projeto DHA Solidário e do PIP 2009-2012 “Obras de Engenharia e Hidrogeologia Urbana” Lisboa. LNEC - Proc. 0607/11/17763.
- LQARS, 2000. Manual de fertilização das culturas. Lisboa, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Ministério da Agricultura Pescas e Alimentação, 221 p.
- Ma, L., Ahuja, L.R., Ascough, J.C., Shaffer, M.J., Rojas, K.W., Malone, R.W., Cameira, M.R., 2000. Integrating system modeling with field research in agriculture: Applications of Root Zone Water Quality Model (RZWQM). Adv. Agron. 71:233-292 p.
- Madaleno, I.M., 2002. A Cidade das Mangueiras: Agricultura Urbana em Belém do Pará, Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Ministério da Ciência e Tecnologia, Lisboa, 193 p.
- MADRP, 1997. Código de Boas Práticas Agrícolas para a Protecção da Água Contra a Poluição com Nitratos de Origem Agrícola, Lisboa, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Magalhães, M.R., 1991. Espaços Verdes Urbanos, DGOTDU, Lisboa, 1991, 104 p.
- Matias, P. 2005. Extensão de séries hidrológicas e preenchimento de falhas – modelos lineares. Textos de apoio às aulas de Hidrologia. Instituto Superior de Agronomia. UTL.
- Maxwell, D., Odame, L.W., Lamptey, G.M., Zakariah, S., Armar-Klemesu, M., 1998. Farming in the shadow of the city: changes in land rights and livelihoods in peri-urban Accra. Cities Feeding People Report 23. Ottawa: IDRC.
- Maynard, D., Kalra, Y., 1993. Nitrate and exchangeable ammonium nitrogen. In: Carter, M. (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science, 25–38 p.

- Maynard, D.N., Barker, A.V., Minotti, P.L., Peck, N.H., 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, New York, 28:71-118 p.
- Mbiba B., 1994. Institutional responses to uncontrolled urban cultivation in Harare: prohibitive or accommodative? *Environment and Urbanization* 6 (1): 188-202 p.
- Meisinger, J.L. e Randall, G.W., 1991. Estimating nitrogen budgets for soil crop systems. In: Follet, R.F., Keeney, D.R. e Cruse, R.M. (eds), *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability*, Soils Science Society of America, Wisconsin, USA, 85-120 p.
- Monteith, J.L., 1965. Evaporation and environment. 205-234 p. In G.E. Fogg (ed.) *Symposium of the Society for Experimental Biology, The State and Movement of Water in Living Organisms*, Vol. 19, Academic Press, Inc., NY.
- Mosier, A. e Kroeze, C. 1998. A new approach to estimate emissions of nitrous oxide from agriculture and its implications for the global change N₂O budget. *IGBP Global Change Newsletter*, 34 (June): 8-13 p.
- Mougeot, L.J.A., 1999. For self-reliant cities: urban food production in a globalizing South. In: Koc M., MacRae R., Mougeot L.J.A. & Welsh J. (eds), *For hunger-proof cities: sustainable urban food systems* (Ottawa:IDRC), 11-25 p.
- Mougeot, L.J.A., 2000. Agricultura Urbana: conceito e definição. *Revista de Agricultura urbana* n.º 1.
- Mougeot, L.J.A., 2001. Urban Agriculture: Definition, Presence, Potentials and Risks. *Growing Cities Growing Food* Feldafing: Resource Centres on Urban Agriculture and Food Security, 1-42 p.
- Nicolardot B., Mary B., Houot S., Sethecou S., 1997. La dynamique de l'azote dans les sols cultivés. In: Lemaire, G. E B. Nicolardot (eds), *Maitrise de l'azote dans les agrosystèmes*, INRA editions, 97-104 p.
- Nimah, M. e Hanks. R., 1973. Model for estimating soil-water-plant-atmospheric interrelation: I. Description and sensitivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37:522-527 p.
- OECD, 2001a. *OECD environmental outlook to 2020*. Paris, OECD. IPCC. *Climate change 2001: synthesis report*, by R. Watson & the Core Writing Team, eds. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Oliveira, J., Santos, F., 2005. *Gestão Ambiental*, Lidel – Edições Técnicas Lda, Lisboa, 283-288 p.
- Olivera, I., 2003. *Guia de Rega, Monitorização da Água do solo, considerações gerais*. C.O.T.R.

- Olivera, I., Boteta, L., 2003. Guia de Rega, Monitorização da Água do solo, Tensiometro. C.O.T.R.
- Pereira, L.S. e Santos, J.Q., 1991. Fertilizer and water application, and control of nitrate pollution management issues. In: Bogardi, I. E R.D. Kuzelka, (eds), Nitrate contamination, NATO ASI séries, volG30, Springer-Verlag Berlin: 141-162 p.
- Petrovic, A.M., 1989. Golf course management and nitrates in groundwater. *Golf Course Management*, September 1989, 54–64 p.
- Petrovic, A.M., 1990. The fate of nitrogenous fertilizer applied to turfgrass. *J. Environ. Qual.* 19, 1–14 p.
- Pinto, F.R.S., 2007. Hortas Urbanas: Espaços para o Desenvolvimento Sustentável de Braga. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho.
- Pionke, H.B., Sharma, M.L., Hirschberg, K.J., 1990. Impact of irrigated horticulture on nitrate concentrations in groundwater. *Agric. Ecosyst. Environ.* 32, 119–132 p.
- PNUD, 1994. Programme Des Nations Unies Pour Le Developpement, Rapport mondial sur le développement humain. Paris: Economica, 1994. 239 p.
- PNUD, 1996. Programa Das Nações Unidas Para o Desenvolvimento – Habitat II.
- Pretty, J., Brett, C, Gee, D, Hine, R., Mason, C., Morison, J., Raven, H., Rayment G., Van Der Bijl G. & Dobbs, T., 2001. Policy challenges and priorities for internalising the externalities of modern agriculture. *J. Environmental Planning and Management*, 44(2): 263-283 p.
- Rogerson, C.M., 1997. Globalization of informalization? African Urban economies in the 1990s. In C. Rakodi (ed.), *The urban challenge in Africa*. Geneva: United Nations University Press.
- Santos, J.Q., 2012. Fertilização Fundamentos da Utilização dos Adubos e Corretivos. Publicações Europa-America, Portugal.
- Sanyal, B., 1985. Urban agriculture: who cultivates and why? A case study of Lusaka, Zambia. *Food Nutr. Bull.* 7, 15–24 p.
- Saraiva, R. A., 2011. As Hortas Urbanas na reconfiguração física, social e ambiental do Concelho de Oeiras, Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH), universidade Nova, Lisboa.
- Schepers, J.S. e Mosier,A.R., 1991. Accounting for nitrogen in nonequilibrium soil-crop systems. In R.F. Follett et al. (ed.) *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability*. SSSA, Madison,WI., 125-138 p.
- Sequinel, M.C.M., 2002. O Modelo de Sustentabilidade Urbana de Curitiba um Estudo de Caso,

Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 109 p.

Shaffer, M., Rojas, K., DeCoursey, D. e Hebson, C., 2001. Nutrient chemistry processes-OMNI, In: Ahuja, L.; K. Rojas; J. Hanson; M. Shaffer e L. Ma (eds.) RZWQM, Modeling management effects on water quality and crop production, Water Resources Publications, LLC, Colorado USA.

Sharma, M.L., Herne, D.E., Byrne, J.D., Kin, G., 1996. Nutrient discharge beneath urban lawns to a sandy coastal aquifer, Perth, Western Australia. *Hydrogeol. J.* 4,103–117 p.

Shayler, H., McBride, M., Harrison, E. 2009. Sources and Impacts of Contamination in Soils. Cornell .Waste Management Institute, Department of Crop and Soil Sciences, New York.

Soares, A.L., Castel-Branco, C., 2007. As árvores da cidade de Lisboa. In: Silva, J.S., (Ed.).Floresta e sociedade, uma historia em comum. Coleção árvores e florestas de Portugal, Vol. 7. Jornal Publico, 289 p.

Smit, J. 1996. Cities Feeding People: Report 18 - Urban Agriculture, Progress and Prospect: 1975-2005. Ottawa, International Development Research Centre UNCCD (2000b).

Smit, J. e Nasr, J., 1992. Urban agriculture for sustainable cities: using wastes and idle land and water bodies as resources, *Environment and Urbanization*, Vol. 4. No.2.

Sousa, P.L., Cerejeira, M.J., Ribeiro, L.F & Marçal, R.F (Ed.) 2009 - Nitratos e pesticidas no Norte da Zona Vulnerável do Tejo. Caracterização, diagnóstico e medidas de adaptação, ISAPress.

Sousa, R. F. 2004. Espaço Agrícola de Almada. Sistema de Parques Agrícolas. Dissertação de mestrado em Arquitectura Paisagista, Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Telles, G. R., 1997. Plano Verde de Lisboa, Edições Colibri.

Telles, G.R., 1996. Um Novo Conceito de Cidade: a Paisagem Global, Editora Contemporânea, Conferências de Matosinhos – Câmara Municipal de Matosinhos, Matosinhos, 1996, 3-39 p.

Thompson, R.B., Gallardo, M., Gimenez, C., 2002. Assessing risk of nitrate leaching from the horticultural industry of Almeria, Spain. *Acta Hort.* 571, 243–248 p.

Tiessen, H., Moir, J., 1993. Total and organic carbon. In: Carter, M. (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science, 187–200 p.

Toledo Machado, C.T., e Toledo Machado, A., 2004. Agricultura Urbana e Periurbana: Benefícios e riscos potenciais, Embrapa Cerrados, Brasil.

- UNDP, 2010. Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development (<http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>).
- USDA-ARS, 1992 b. Root Zone Water Quality Model, version 1.0. Technical Documentation. USDA-ARS, Fort Collins, Colorado.
- Vale, B.C, 2006. Efeitos prejudiciais na saúde humana derivados por ingestão de nitratos na zona vulnerável nº1 (Freguesias: Apúlia, Fao) e na zona não vulnerável (freguesias: Fonte Boa, Gandra, Gemeses, Rio Tinto).
- Varennnes, A., 2003. Produtividade dos Solos e Ambiente, 1.^a ed., Lisboa, Escolar Editora.
- Wakida, F.T. e Lerner, D.N., 2004. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study, Water Research 39 (2005) 3–16 p.
- Wild, A., 1988. Plant nutrients in soil: nitrogen. In: Russell's Soil Conditions and Plant Growth, Wild, A., ed. 11th edn, Longman, Harlow, 652-694 p.
- Wong, J.W.C., Chan, C.W.Y., Cheung, K.C., 1998. Nitrogen and phosphorus leaching from fertilizer applied on golf course: lysimeter study. Water Air Soil Pollut. 107, 335–345 p.
- Wright, M.J.; Davison, K.L., 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advance in Agronomy, New York, 16:197-274 p.
- Ysart, G. Miller, P., Barrett, G., Farrington, D., Lawrance, P., & Harrison, N. 1999. - Dietary exposures to nitrate in the UK. Food Additives and Contaminants, 16(12):521-532 p.

LOCAIS DE INTERNET CONSULTADOS

Link para aceder à informação da Estação Meteorológica de Ajuda, Monsanto:

<http://www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=IAJUDALI2&day=21&year=2012&month=3&graphspan=week>

Link para aceder ao programa para o cálculo da razão C/N do composto orgânico a aplicar:

<http://www.klickitatcounty.org/solidwaste/fileshtml/organics/compostcalc.htm>

ANEXOS

ANEXO 1.

CARTOGRAFIA DA CIDADE DE LISBOA

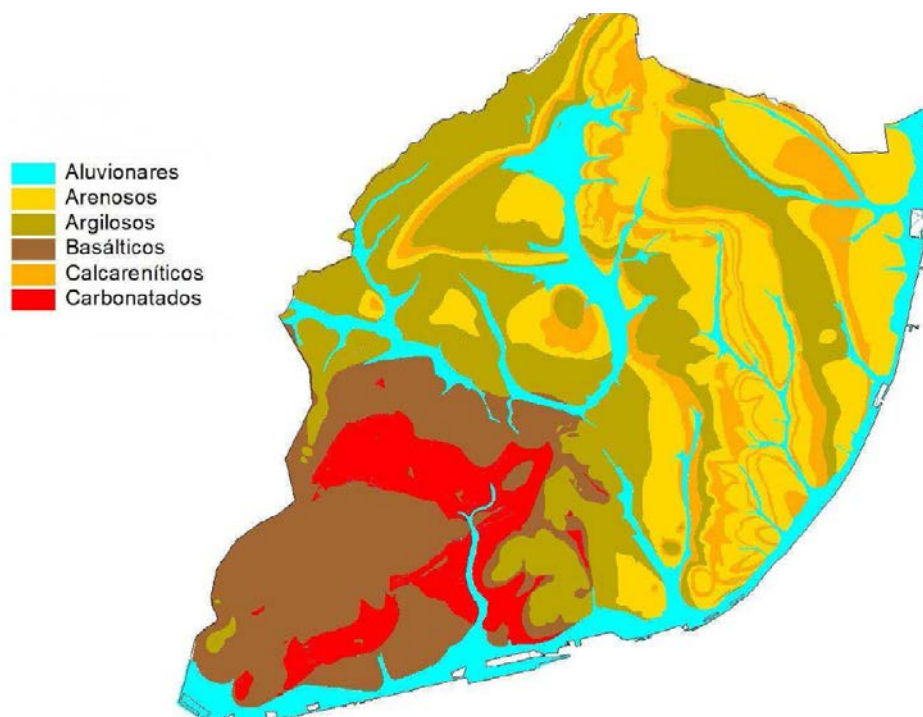


Figura 1.1 - Carta de tipos de solos do concelho de Lisboa.

A Carta de Tipos de Solos de Lisboa foi realizada com base na Carta Geológica do Concelho de Lisboa (1986), à escala 1:10000, dos Serviços Geológicos de Portugal (CML, 2010).

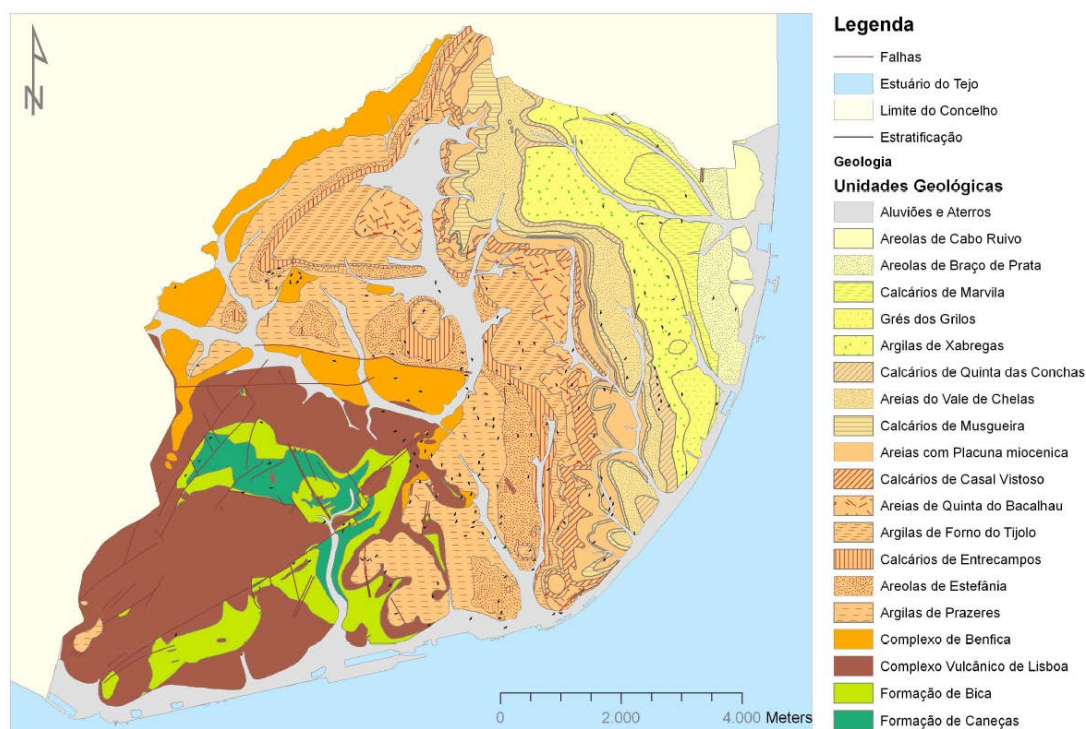


Figura 1.2 - Carta geológica do concelho de Lisboa.

A Carta Geológica foi realizada com base na Carta Geológica do Concelho de Lisboa (1986), à escala 1:10000, dos Serviços Geológicos de Portugal, actualizada com nomenclatura e simbologia da 2ª Edição da Carta Geológica de Portugal, à Escala 1:50000, de 2005 (CML, 2010).

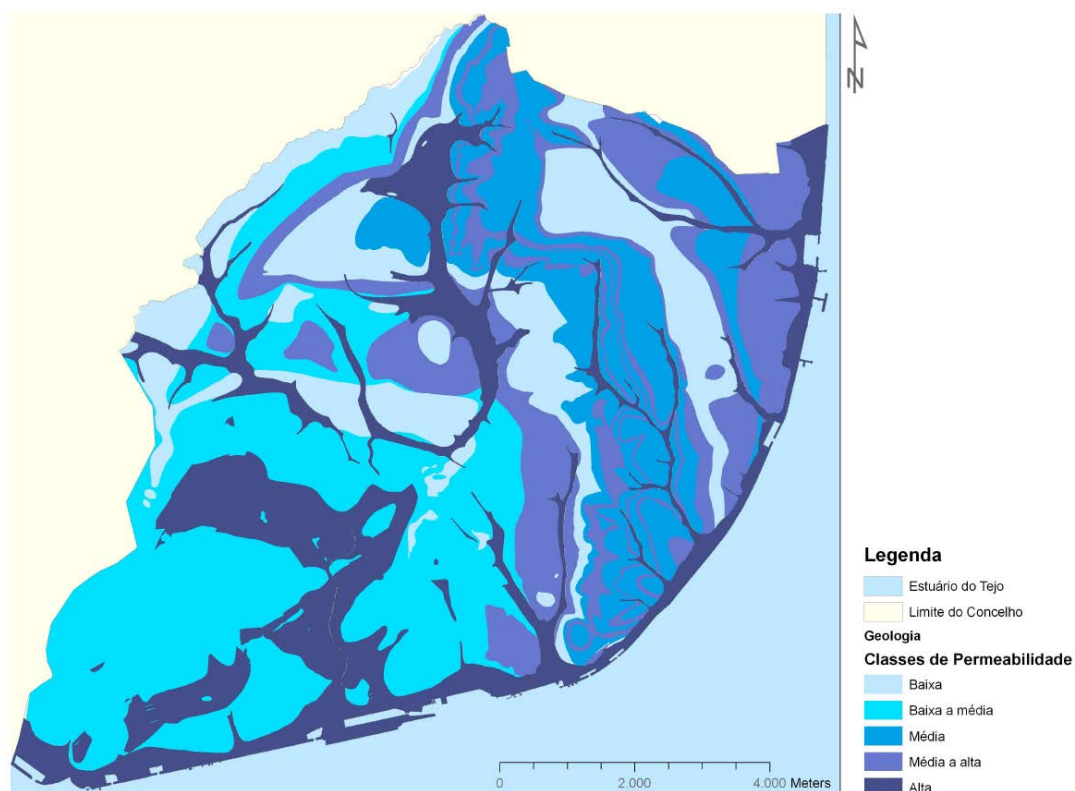


Figura 1.3 - Carta de permeabilidades do concelho de Lisboa.

A Carta de Permeabilidades foi realizada com base na Carta Geológica do Concelho de Lisboa (1986), à escala 1:10000, dos Serviços Geológicos de Portugal (CML, 2010).

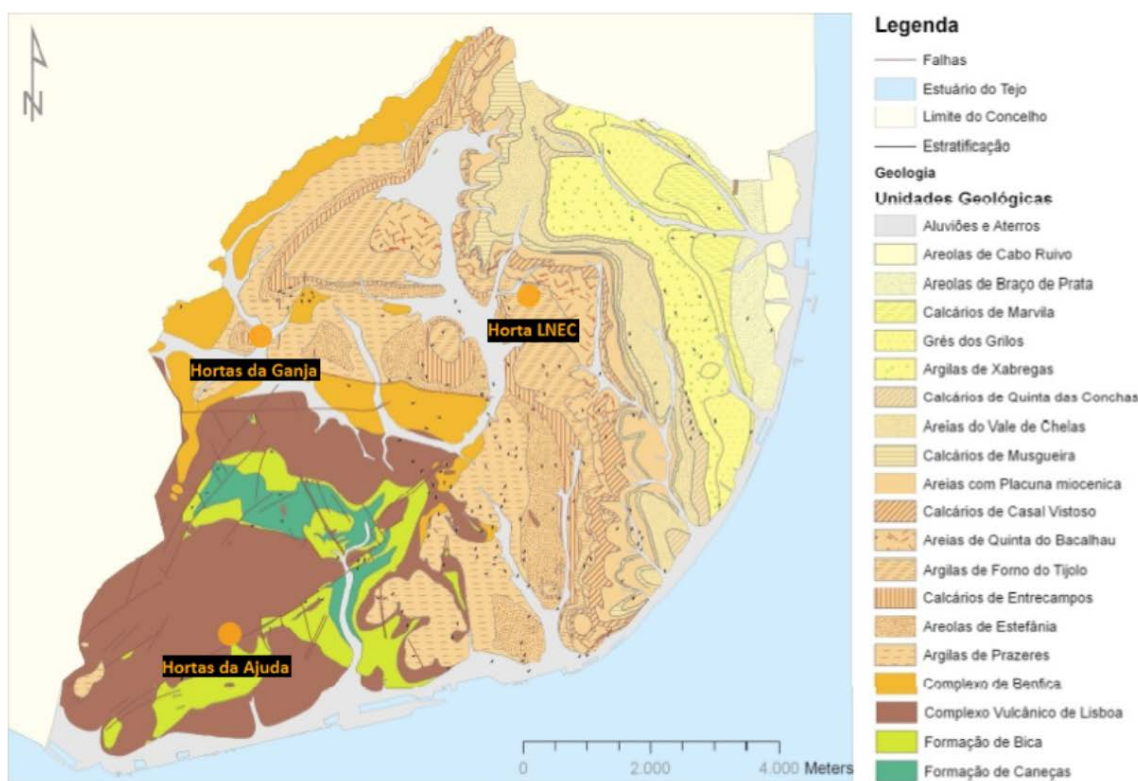


Figura 1.4 - Localização aproximada das “hortas casos de estudo” na Carta geológica de Lisboa.

ANEXO 2.

INQUÉRITO AOS AGRICULTORES DAS HORTAS URBANAS DE LISBOA

QUESTIONÁRIO

O presente questionário foi preparado com o objetivo de caracterizar as hortas urbanas na área metropolitana de Lisboa. Os resultados vão ser utilizados na elaboração de uma tese de mestrado em Engenharia Agronómica predominantemente focada nas técnicas de rega e fertilização utilizadas.

O inquérito é anónimo, pelo que sinta-se livre de responder abertamente às perguntas.

Desejo, em fim, agradecer-lhe pela sua contribuição ao presente estudo.

Com os meus melhores cumprimentos

Sara Tedesco, aluna do mestrado em Engenharia Agronómica no Instituto Superior de Agronomia (UTL, Lisboa)

• O AGRICULTOR

A sua horta situa-se em: ☐ Campolide
☐ Chelas
☐ Graça
☐ Granja
☐ Telheiras

Sexo: ☐ M ☐ F

Idade: _____ anos

Natureza: ☐ Urbana ☐

Situação actual: ☐
☐
☐
☐
☐

Meios de formação actual: ☐
☐
☐
☐
☐
☐ Nenhuma forma de formação a

Indique, por ordem de importância (partindo de 1 = mais importante), as suas motivações para cuidar da sua horta:

___ Prazer/lazer
___ Fonte de rendimento/autoconsumo
___ Preocupação ambiental/ética
___ Pertencer a um grupo
___ Outro: _____

• **HORTA**

A dimensão da sua horta é de _____ m²

O espaço entre plantas na linha é de _____ cm e o espaço entre plantas na entrelinha é de _____ cm

O número de meses em que o terreno fica descoberto (sem culturas) é de _____ meses

O modo de produção utilizado no seu terreno é: ☐

☐ Convencional (posso utilizar

O destino da produção è: ☐

☐

☐

Apos colheita, deixa os resíduos da planta no solo? ☐ Sim ☐

Preencha a tabela relativas as hortícolas que cultiva

Tipo de planta	Área ocupada na horta	Número de plantas na horta	Data de plantação	Data de colheita	Produção (kg/planta, numero de hortícolas colhidas..)
A					
O					

☐ **REGA**

Fonte de água de rega: ☐

☐☐☐

Indique qual o seu sistema de rega preenchendo os espaços vazios:

Rego durante _____ (numero) minutos com: ☐

☐ Mangueira

☐ Gota a gota (tubagem furada para o gotejamento)

☐ Outro:

Quantas vezes rega por semana?

No Outono/Inverno rego _____ vezes por semana

Em Primavera/Verão rego _____ vezes por semana

☐ **TÉCNICAS CULTURAIS**

Assinale as operações que efectua no seu terreno:

☐ Rotação das cultura

☐☐☐☐☐☐

☐ Cobert

☐☐

☐ **FERTILIZAÇÃO**

☐

☐ Fertilizo de acordo com a tabela

(Preencha a tabela relativamente a fertilização que faz na sua horta)

Hortícola	Produto aplicado ao solo	Nome comercial/tipo	Quantidades aplicadas em cada fertilização (em Kg, n° baldes de __ Litros, n° sacos de __ Kg)	Época de fertilização	Número de fertilizações (em cada época de aplicação)
_____		Indique de quais animais: _____ _____ _____	_____	Após	_____ _____ _____ _____ _____
_____		Indique os componentes do composto: _____ _____ _____	_____	An Após	_____ _____ _____ _____ _____
_____		_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____	Após	_____ _____ _____ _____ _____ _____
_____	Aubos	_____ _____ _____ _____ _____	_____	Após	_____ _____ _____ _____ _____ _____

Escolhe sozinho quando regar e quando fertilizar? ☐ Sim ☐

Foi-lhe fornecido algum código de boas práticas agrícolas que limitem a aplicação de produtos e/ou a escolha das culturas à implantar? ☐ Sim ☐

ANEXO 3.

REGRAS DE ACESSO E DE UTILIZAÇÃO NAS HORTAS URBANAS DE LISBOA

PARQUE HORTICOLA DA QUINTA DA GRANJA

Regras de acesso e utilização das Hortas Urbanas

I - Conceitos:

Para efeito da aplicação e interpretação das presentes regras, deve entender-se por:

- a) **Agricultura Urbana** – Actividade, praticada em meio urbano, destinada ao cultivo de plantas horticolas, aromáticas, medicinais e ornamentais.
- b) **Agricultura Biológica** - Modo de produção agrícola sem recurso a fertilizantes e/ou pesticidas químicos de síntese, que tem como principais objectivos a protecção da biodiversidade e dos ecossistemas, a melhoria da qualidade dos solos, e o cultivo de produtos que garantam a protecção da saúde dos consumidores e a sua soberania alimentar.
- c) **Horta Urbana** – Talhão de cultivo, em meio urbano, sujeito a técnicas de produção não mecanizadas e destinado à produção agrícola, ao recreio, ao lazer e/ou à aprendizagem das práticas inerentes à agricultura biológica (doravante também designadas simplesmente por "Hortas".)
- d) **Hortas Sociais** – Horta urbana de uso individual ou familiar, com a área mínima de 100 m² e cuja finalidade é a satisfação de parte das necessidades alimentares do respectivo utilizador, servindo, desta forma, de complemento ao seu rendimento familiar.
- e) **Hortas de Recreio** – Horta urbana de uso individual ou familiar, com a área mínima de 50 m² e cuja finalidade é a contribuição para uma melhoria da qualidade de vida, proporcionando ao respectivo utilizador uma actividade de lazer e o contacto com a natureza;
- f) **Parque Hortícola** – Conjunto de hortas urbanas integradas numa unidade homogénea e delimitada. Pode ser constituído por Hortas Sociais e/ou Hortas de Recreio.

g) **Utilizador** – Pessoa que cultiva e mantém cultivada a horta urbana que lhe foi atribuída, seguindo os princípios das boas práticas agrícolas e as regras estabelecidas no presente documento e na Declaração de Precariedade, a subscrever nos termos do ponto III.VII.

h) **Gestor** – Entidade responsável pela gestão do Parque Hortícola, a quem cabe, nomeadamente, a selecção dos Utilizadores, a atribuição das hortas urbanas, a gestão das actividades desenvolvidas no Parque Hortícola, bem como a fiscalização do cumprimento das regras aplicáveis e a aplicação e execução das consequências previstas para os casos de incumprimento das mesmas.

O Gestor do Parque Hortícola será a Câmara Municipal de Lisboa (CML), através do Pelouro do Ambiente e Espaços Verdes – DMAU/DAEP (cfr. arts. 46º e 47º do Regulamento do Património).

II – Características do Parque Hortícola do Vale de Cheias (doravante simplesmente "Parque Hortícola"):

II.I – O Parque Hortícola localiza-se em terrenos do domínio privado municipal, definidos no Regulamento do PDM de Lisboa (RPDM de Lisboa) como Áreas Verdes de Produção e Áreas Verdes de Recreio.

II.II – O Parque Hortícola, resultante da reconversão de áreas de ocupação agrícola já existentes, é composto exclusivamente por **Hortas Sociais**.

III – Processo de Candidatura e Atribuição das Hortas que integram o Parque Hortícola:

III.I – A CML procederá à abertura de um processo de candidaturas para a atribuição das Hortas que integram o Parque Hortícola, que publicitará, dando conhecimento das características do Parque Hortícola e das Hortas que o compõem, bem como das regras aplicáveis à sua utilização e à respectiva candidatura.

III.II – Poderá candidatar-se a Utilizador qualquer pessoa individual, mediante o preenchimento da respectiva ficha de candidatura e da entrega dos documentos comprovativos dos elementos identificativos e do preenchimento dos requisitos estabelecidos para o efeito, bem como de outros solicitados pela CML.

III.III – Não poderá candidatar-se a Utilizador quem já seja titular de qualquer talhão de cultivo na área territorial do município de Lisboa, seja em terreno de natureza municipal ou privada.

Este impedimento estende-se ao candidato que integre agregado familiar em que algum membro seja titular de qualquer talhão de cultivo, considerado este através do critério da residência comum.

Neste sentido, o candidato deverá emitir, na ficha de candidatura, declaração escrita, sob compromisso de honra, em que não se encontra em qualquer das situações anteriores.

III.IV - A atribuição das Hortas que compõem o Parque Hortícola iniciar-se-á pelos hortelãos que, de acordo com o levantamento previamente realizado pela CML, já ocupavam o espaço com actividade agrícola. Após o encerramento deste processo, a CML iniciará o processo de candidatura para atribuição das Hortas remanescentes nos termos dos números seguintes.

III.V – Em qualquer dos casos previstos no número anterior, a selecção dos candidatos será realizada atendendo ao critério da proximidade da área de residência relativamente ao Parque Hortícola e, em caso de candidaturas em número superior ao de Hortas disponíveis, à ordem de inscrição.

III.VI – A atribuição das Hortas tem como limite uma Horta por cada agregado familiar, considerado este através do critério da residência comum.

III.VII – Concluído o processo de candidatura e atribuição das Hortas, os candidatos seleccionados deverão obrigatoriamente subscrever a respectiva Declaração de Precariedade, no prazo de 15 (quinze) dias úteis a contar da data de notificação da atribuição da Horta, apenas deste modo e com o pagamento do preço devido, assumindo a qualidade de Utilizador.

O presente documento faz parte integrante da Declaração de Precariedade, para todos os efeitos.

III.VIII - O início da actividade deve ter lugar num prazo máximo de 20 dias após a conclusão do processo de atribuição.

IV – Direitos do Utilizador:

Constituem direitos do Utilizador:

- a) Aceder a uma tomada de água, colectiva, instalada pela CML, a utilizar nos termos estabelecidos na al. f) do ponto V;
- b) Utilizar o abrigo, de uso colectivo, instalado pela CML, exclusivamente para aprovisionamento de alfaías e materiais de apoio ao cultivo, nos termos estabelecidos na al. g) do ponto V;
- c) Ter acesso a informação e acompanhamento técnico disponibilizado pela CML, no sentido da promoção da agricultura biológica e das boas práticas de cultivo;
- d) Ter acesso e informação relativamente à utilização de um composto, quando disponibilizado pela CML, caso em que é obrigatória a sua utilização no encaminhamento dos resíduos vegetais produzidos.

V - Deveres do Utilizador:

Constituem deveres do Utilizador:

- a) Cultivar a horta que lhe foi atribuída, com plantas hortícolas, aromáticas, medicinais e ornamentais;
- b) Iniciar o cultivo da horta que lhe foi atribuída, no prazo máximo de 20 dias após a conclusão do processo de atribuição.
- c) Cultivar, obrigatoriamente e de forma ininterrupta, a Horta que lhe foi atribuída. Constituem motivos válidos para justificação da interrupção do cultivo, a situação de doença, devidamente comprovada pelo Utilizador junto da CML, no prazo de 5 dias úteis após a cessação da situação de doença, também devidamente comprovada;
- d) Frequentar todas as acções de formação consideradas obrigatórias pela CML;
- e) Efectuar o pagamento atempado das contrapartidas anuais inerentes à utilização da Horta que lhe foi atribuída;
- f) Garantir a limpeza, segurança, salubridade e bom uso da Horta, bem como dos acessos e áreas e/ou equipamentos comuns do Parque Hortícola e respeitar as regras de uma saudável convivência social;
- g) Não descaracterizar a Horta sob qualquer forma nem praticar no interior do Parque quaisquer actividades que possam danificar o espaço;
- h) Fazer um uso prudente e racional da água, usando a técnica de rega mais adequada a cada Horta e cultura, evitando desperdícios ou perdas por distração ou mau planeamento da operação, não sendo permitida, em qualquer situação a construção ou utilização de sistemas de rega automática;
- i) Assegurar a manutenção das sebes de bordadura plantadas pela CML junto às vedações que delimitam as hortas, sob pena de reposição das mesmas a expensas suas ou, na falta de cumprimento desta, de pagamento das despesas resultantes da sua

realização pela CML e do direito deste de dar por finda a ocupação, em caso de incumprimento reiterado;

- j) Fazer um uso prudente e manter em boas condições o abrigo instalado pela CML, que será partilhado por grupos de 4 Utilizadores, de forma equitativa e exclusivamente para os fins previstos no presente documento;
- k) Utilizar os resíduos vegetais produzidos na Horta como fertilizante do solo, depois de devidamente compostados;
- l) Colocar os resíduos sólidos produzidos na Horta, nos contentores à disposição para o efeito ou, caso estes não existam, assegurar o seu encaminhamento para local adequado fora da área do Parque Hortícola;
- m) Respeitar o parcelamento definido pela CML;
- n) Garantir que as suas culturas não interferem com as parcelas vizinhas e com os caminhos;
- o) Garantir o cumprimento das boas práticas agrícolas de acordo com as regras da arte;
- p) Respeitar as directrizes definidas pelos técnicos de apoio da CML, relativamente aos materiais a utilizar nas hortas, tais como estacaria, alfaias, espantalhos e compostores;
- q) Avisar de imediato a CML de qualquer irregularidade detectada no Parque Hortícola;
- r) Não levantar qualquer dificuldade ou obstáculo à execução do dever/direito de fiscalização da CML relativamente ao Parque Hortícola nem à Horta que lhe foi atribuída.

VI - Proibições:

Em qualquer local do Parque Hortícola é expressamente proibido ao Utilizador:

- a) Efectuar qualquer tipo de instalação ou construção, incluindo vedações, sem prévia e expressa autorização da CML, bem como ocupar a parcela, total ou parcialmente, com

- abrigos móveis, estufas, "toulottes" ou atrelados. Excluem-se da presente proibição a instalação de estacaria necessária ao cultivo, a construir exclusivamente com recurso a canas;
- b) Construir quaisquer instalações para animais domésticos, nomeadamente canis, galinheiros, coelheiras, ou outros, bem como manter ou consentir a permanência na parcela de quaisquer animais, seja a que título for;
- c) Utilizar herbicidas e pesticidas químicos, uma vez que os mesmos são susceptíveis de provocar danos, quer a nível ambiental e da saúde pública, quer da qualidade dos alimentos produzidos;
- d) Cultivar plantas consideradas infestantes ou das quais se possam extrair substâncias consideradas como psicotrópicas nos termos da lei em vigor;
- e) Utilizar variedades geneticamente modificadas (OGM), vulgo transgénicas;
- f) Fazer charcos ou lagos para retenção de água.
- g) Introduzir e/ou manter e/ou guardar no interior do Parque Hortícola quaisquer objectos de utilização não agrícola.
- h) Utilizar qualquer tipo de alfaias motorizada na actividade a desenvolver na Horta (motos, cultivadores, moto-enchadas, pequenos tractores, etc.);
- i) Circular no interior do Parque Hortícola com qualquer veículo motorizado;
- j) Praticar, no interior do parque Hortícola, qualquer actividade que produza fogo e/ou que ponha em causa a segurança de pessoas ou bens;
- k) Ceder, sob qualquer forma ou título, a Horta que lhe foi atribuída;
- l) Praticar quaisquer actos contrários à lei e à Ordem Pública.

VI – Contrapartidas anuais:

VI.I - A atribuição da Horta constitui o Utilizador no dever de efectuar o pagamento do respectivo preço anual, nos termos fixados na Tabela de Preços e Outras Taxas Municipais e sujeito às alterações ou actualizações de que esta seja objecto, de € 1,50 por m2 sobre o qual recai um desconto de 80%, não podendo, todavia, o valor apurado ser inferior a € 55,00..

VI.II - Ao preço referido no número anterior acresce o pagamento do montante estimado de € 20,00 (vinte euros), a título de comparticipação pelos custos suportados pela CML com o funcionamento e manutenção das partes comuns do Parque Hortícola.

VI.III - O pagamento do montante total apurado nos termos dos números anteriores será efectuado pelo Utilizador num só acto, a realizar no prazo de 15 (quinze) dias úteis a contar da data de notificação da atribuição da Horta.

VI.IV - O montante fixado no ponto VI.II será objecto de acerto no final de cada ano de ocupação, em função dos custos efectivamente suportados pela CML a título de funcionamento e manutenção das partes comuns do Parque Hortícola. A diferença de valor apurada a título de acerto será comunicada pela CML ao Utilizador, devendo o respectivo pagamento ser efectuado no prazo de 15 (quinze) dias úteis a contar da notificação para o efeito.

VII – Fiscalização e consequências do incumprimento:

VII.I – A Fiscalização do cumprimento das regras aplicáveis ao acesso e utilização das Hortas Urbanas, bem como a execução das consequências previstas para o seu incumprimento, cabem à CML.

VII.II - O incumprimento, pelo Utilizador, de qualquer das regras estabelecidas no presente documento, bem como na Declaração Anexa ou a prestação de quaisquer falsas informações/declarações no âmbito do processo de candidatura, confere à CML o direito a dar por finda a ocupação, sem direito a qualquer indemnização, a executar coercivamente nos termos do art. 21º do Decreto-Lei nº 280/2007, de 7 de Agosto e de acordo com o regime estabelecido nos arts. 149º e seguintes do Código do Procedimento Administrativo.

VII.III – No caso previsto no número anterior, o Utilizador deverá deixar o terreno e o abrigo disponibilizado pela CML (na parte cuja utilização lhe foi cedida), livres e desocupados, no prazo de 60 dias úteis, a contar da notificação para o efeito. O Utilizador fica obrigado a entregar a parcela e o abrigo disponibilizado pela CML (na parte cuja utilização lhe foi cedida), nas condições em que a mesma lhe foi entregue, sob pena de a CML lhe imputar as despesas resultantes da reconstituição da parcela à situação inicial.

VII.IV – Se não sair no prazo referido no número anterior, a CML poderá proceder a essa desocupação, não se responsabilizando por qualquer dano que possa causar aos bens que lá se encontrem. Neste caso não assiste ao Utilizador direito a qualquer indemnização ou compensação por eventuais danos ou descaminho de bens, mas fica obrigado a indemnizar a CML pelas despesas provocadas.

VII.V – Em caso de despejo administrativo, o Utilizador fica obrigado ao pagamento das contrapartidas anuais devidas pela ocupação e proporcionalmente calculadas, até à data de desocupação efectiva do local.

VII.VI - Quer a prestação de falsas declarações no processo de candidatura, quer o incumprimento de qualquer das regras estabelecidas no presente documento ou na Declaração de Precariedade, constitui ainda impedimento para o Utilizador e para qualquer membro do seu agregado familiar (considerado este através do critério da residência comum), de apresentar nova candidatura à atribuição de Hortas Urbanas em qualquer Parque Hortícola criado em terreno do domínio municipal da CML, pelo período mínimo de 3 anos, a contar de notificação da CML para o efeito.

VIII – Transmissão:

VIII.I - Nas situações de falecimento do titular da Horta Urbana, assiste a um dos membros do respectivo agregado familiar, considerado este através do critério da residência comum, o direito de solicitar à CML que seja transmitida a seu favor a cedência anterior, nos mesmos termos e condições, assumindo os respectivos direitos e deveres.

VIII.II - Fora das situações previstas no número anterior, em caso algum a CML autoriza a cedência a terceiros, por qualquer forma ou título, da Horta atribuída.

IX - Regras, dúvidas e lacunas:

IX.I – A assunção e manutenção da qualidade de Utilizador e, por conseguinte, a atribuição e manutenção da Horta Urbana, implicam a aceitação das regras definidas no presente documento, bem como as constantes da Declaração de Precariedade.

IX.II – Quaisquer dúvidas e/ou lacunas suscitadas com a interpretação e/ou aplicação do presente documento ou da Declaração de Precariedade serão resolvidas por decisão da CML.

ANEXO 4

MÉTODOS UTILIZADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA NAS HORTAS DO CAMPUS DO LNEC E RESULTADOS OBTIDOS

Apresentam-se os procedimentos de campo e os cálculos posteriores realizados para caracterização de solo da parcela TL das hortas do LNEC, com o objetivo de parametrização do modelo RZWQM. Na parcela TL, foram recolhidas quatro amostras perturbadas às profundidades de 0-15 cm, 5-20 cm, 10-25 cm e 15-35 cm, para as quais se determinaram os parâmetros de base físicos e hidrodinâmicos do solo, nomeadamente, a densidade aparente (D_a), a porosidade (n) e a condutividade ou permeabilidade saturada (K_s). Todos os ensaios apresentados seguidamente foram efetuados no laboratório NAS/DHA/LNEC.

Analise granulométrica

Numa primeira fase as amostras foram secas na estufa a 50°C durante três dias e posteriormente pesadas. De seguida foi efetuada a separação da fração grosseira e fina por via húmida, através de um crivo de 63 μm (Fig. 4.1a). A fração grosseira obtida por crivagem foi secada e pesada. Assim, a determinação da fração fina e grosseira do solo foi obtida por cálculos entre as pesagens (Quadro 4.1). A classificação textural do solo apresentada na Fig. 4.2. foi estimada através do diagrama triangular de classificação textural de solos (folha excel desenvolvida por Manuel Mendes Oliveira do Núcleo de Águas Subterrâneas do LNEC, programada para quantificar o peso da argila e do limo em percentagem relativamente ao peso inicial de amostra, tendo em conta o peso total da fração fina relativamente às curvas granulométricas).

Quadro 4.1 Cálculos efetuados para a determinação da fração fina e grosseira das amostras TL

	TL1	TL2	TL3	TL4	Media TL
Peso solo seco + <i>globet</i> (g)	274.3	384.7	302.2	305.5	316.7
Peso <i>globet</i> (g)	97.2	97.2	96.3	99.2	97.5
Peso solo seco (g)	177.1	287.5	206.0	206.3	219.2
Peso prato+ Areia seca	473.5	216.3	476.1	126.8	323.2
Peso prato (g)	344.2	10.4	343.9	10.4	177.2
% Grosseiros (areias)	73.0	71.6	64.2	56.4	66.3
Peso terra fina (g)	47.8	81.6	73.7	89.9	73.3
% Finos (argila e limo)	27.0	28.4	35.8	43.6	33.7

Teor de humidade, densidade aparente e porosidade de amostras perturbadas

O teor de humidade (%) foi calculado utilizando os valores registados da pesagem do solo natural e do solo previamente seco durante três dias em estufa a 50°C (Quadro 4.2). O método utilizado para a determinação da porosidade e da densidade aparente em

laboratório foi o método volumétrico, que consiste na saturação de provetes cilíndricos com a amostra de solo previamente seca. Utilizaram-se provetes, cada um contendo o solo seco representativo das quatro profundidades amostradas (Fig. 4.1b). Uma vez conhecido o volume ocupado pela amostra e registando-se o peso do solo seco e o peso do solo saturado, calcula-se a densidade aparente e a porosidade com base (Quadro 4.3), respetivamente, com recurso às fórmulas seguintes.

$$n(\%) = \frac{V_w}{V_t} \times 100$$

Onde: n – porosidade; V_w – volume de água na amostra de solo (cm^3); V_t – Volume ocupado pela amostra de solo (cm^3)

$$D_a = \frac{W_d}{V_t}$$

Onde: D_a – densidade aparente ; W_d – peso da amostra de solo seco (g); V_t – Volume ocupado pela amostra de solo (cm^3)

Quadro 4.2 Cálculos para a determinação do teor de Humidade (%)

	TL1	TL2	TL3	TL4	Media TL
Tara (gr)	660.0	660.3	409.7	625.9	589.0
Tara+Solo natural (gr)	2160.7	1957.6	1216.8	1887.1	1805.6
Tara+Solo seco (gr)	1986.7	1842.3	1143.7	1759.1	1683.0
Humidade (gr)	174.0	115.3	73.1	128.0	122.6
Humidade (%)	13.1	9.8	10.0	11.3	11.0

Quadro 4.3 Cálculos efetuados para a determinação da Porosidade e Densidade aparente

	TL1	TL2	TL3	TL4	Media TL
Peso provete (g)	21.7	21.7	21.8	21.9	21.8
Peso solo seco + provete (g)	184.2	203.4	176.3	219.9	196.0
Altura da coluna de solo (cm)	6.1	6.3	5.2	7.0	6.2
Raio provete (cm)	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
V_t – Vol. da amostra de solo (cm^3)	129.5	133.7	110.4	148.6	130.5
Peso do provete saturado + copo (g)	238.5	256.8	217.5	279.4	248.1
V_w – Vol. de água na amostra de solo (cm^3)	54.3	53.4	41.2	59.5	52.1
W_d – peso da amostra de solo seco (g)	162.5	181.7	154.5	198.0	174.2
n - Porosidade (%)	41.9	39.9	37.3	40.0	39.8
D_a - Densidade aparente (g cm^{-3})	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3

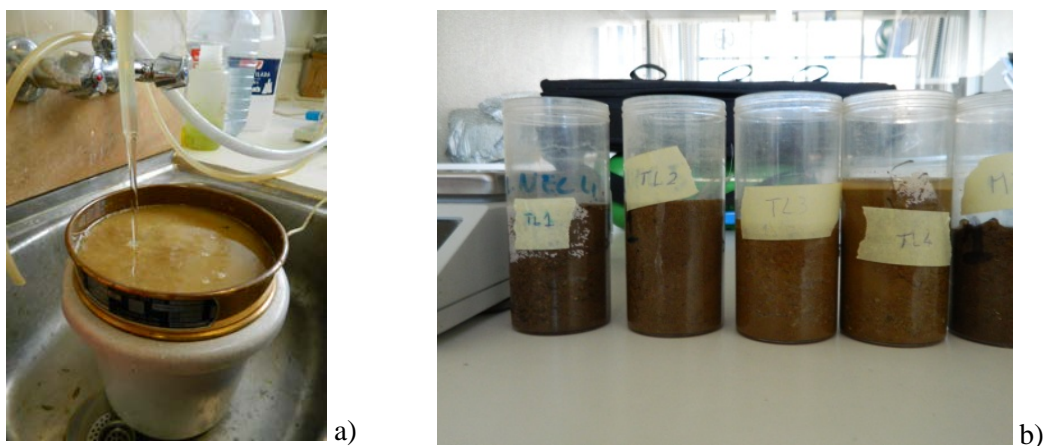


Figura 4.1 – a) Lavagem da amostra TL2 através de um crivo de 63 µm. b) Provetas cilíndricas das amostras TL para a determinação da porosidade.

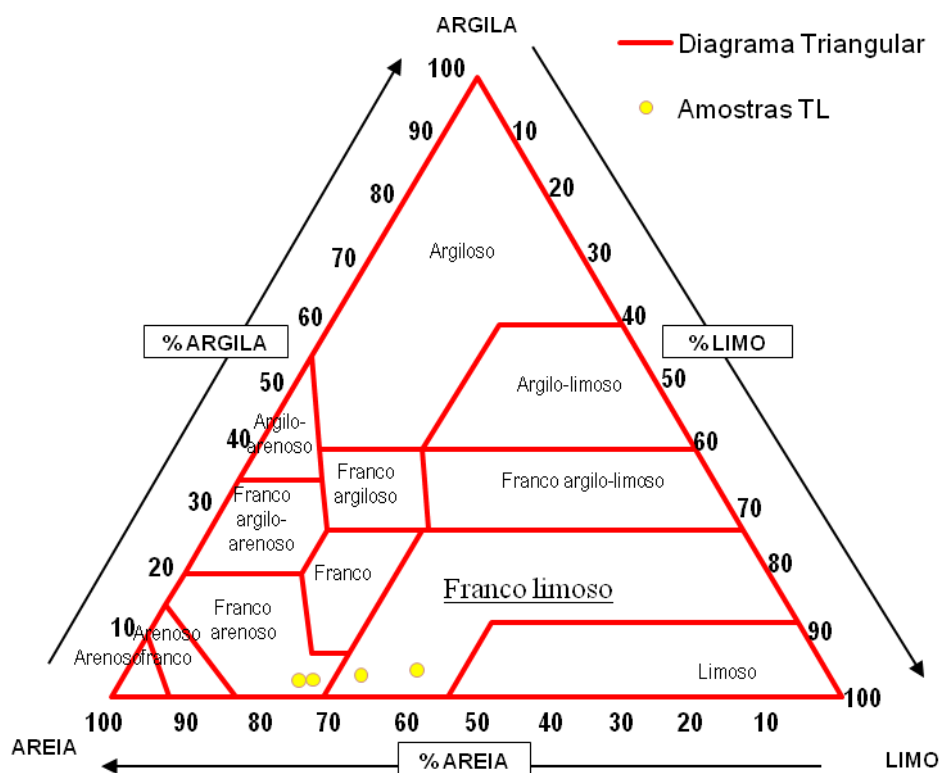


Figura 4.2 Amostras TL em diagrama triangular de classificação textural de solos. Os valores projetados são os obtidos no ensaio efetuado.

Ensaio de permeabilidade para estimar K_s

Foram efetuados ensaios de permeabilidade para a parcela TL, utilizando um permeâmetro, pertencente ao Laboratório NAS/DHA/LNEC, de 30 cm de altura e 2.5 cm de raio interno. O permeâmetro foi preenchido, tendo o cuidado de ir compactando o solo com a ajuda de um peso, com as quatro camadas de solo amostradas mantendo a ordem de colheita das amostras, ou seja, na base do permeâmetro colocou-se a amostra TL4, a seguir a amostra

TL3 e TL2 e ao topo a amostra TL1. Na Figura 4.2 apresentam-se um esquema da coluna de saturação e o permeâmetro contendo as amostras da parcela TL.

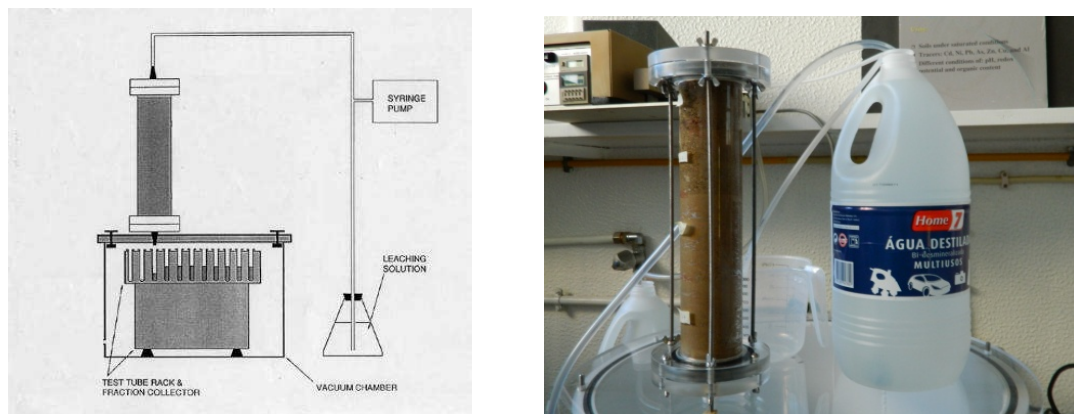


Figura 4.3 – Esquema do modo de funcionamento do permeâmetro (à esquerda). Permeâmetro do Lab. NAS/DHA/LNEC em saturação contendo solo da parcela TL (à direita)

Seguiu-se a seguinte metodologia para determinar a permeabilidade (K_s): para expulsar o ar contido nos interstícios saturou-se o permeâmetro da base para o topo e assim ficou durante um dia. Seguidamente, colocou-se uma entrada de água (do topo para a base) de forma a atingir o regime estacionário, medindo-se o caudal na saída das provetas ao longo do tempo de ensaio (24 horas). O cálculo da permeabilidade (K_s), também designada por condutividade hidráulica, teve base na aplicação da equação de Darcy:

$$K_s = \frac{(Vol \times L)}{A \times T \times (h_1 - h_2)}$$

em que, k – condutividade hidráulica, Vol = volume de água drenado durante o tempo T (ml), L = altura da coluna de solo (cm), A = área da secção transversal do permeâmetro (cm^2), T = tempo de ensaio (min) e $(h_1 - h_2)$ = carga hidráulica (cm). Os cálculos são apresentados no Quadro 4.4

Quadro 4.4 Cálculos efetuados para a determinação da K_s , D_a , e Porosidade

permeâmetro: amostras TL	
Peso da coluna saturada (gr)	2220.40
Peso da coluna vazia (gr)	1133.80
P solo seco+coluna vazia (gr)	1983.20
Peso do solo saturado (gr)	1086.60
P solo seco (gr)	849.40
Volume vazios (cm^3)	237.20
Volume coluna (cm^3)	563.24
Porosidade	0.42
D_a (gr cm^{-3})	1.51
Área da coluna (cm^2)	19.63
Raio coluna (cm)	2.50
Altura coluna (cm)	28.70
Caudal de ensaio ($\text{cm}^3 \text{ min}^{-1}$)	0.94
Permeabilidade (cm h^{-1})	2.88

Metodologia de recolha e análise da solução do solo

Para a recolha de amostras da solução do solo e posterior análise da concentração de NO_3^- com recurso ao método do eléctrodo de ião específico, foram instaladas cápsulas porosas às profundidades de 30 e 60 cm, tendo cuidado em assegurar o contacto das cápsulas com o solo através uma mistura com água destilada e farinha de sílica (numa proporção de 1:2). Após preparação das cápsulas para instalação, colocaram-se em vácuo com recurso a uma bomba de 0.5 bar durante 10 minutos, para dar início à entrada de água nas cápsulas. A metodologia utilizada na recolha das amostras de solução do solo acumulada nas cápsulas porosas foi a seguinte: extraiu-se a solução de cada uma das quatro cápsulas instaladas no solo, recolheu-se o volume de solução acumulado em cada cápsula numa proveta graduada e registou-se o volume lido. Após registo, a amostra foi guardada em frascos previamente identificados, tendo o máximo cuidado para evitar qualquer forma de contaminação, utilizando-se material previamente lavado com água destilada. Após recolha da solução, cada uma das cápsulas esvaziadas, foi reposta no respetivo local (seja a profundidade de 30 ou de 60 cm da superfície do solo) e ligada a bomba de vácuo a 0.5 bar durante 10 min para dar início a sucção. Em seguida as amostras foram transportadas para o Laboratório de química do LNEC onde foram analisadas através o método do eléctrodo de ião específico.

A metodologia utilizada na medição de nitratos em cada uma das amostras recolhidas foi a seguinte: Após adequada calibração do potenciómetro com eléctrodo de ião de nitratos (Fig. 4.4), que é efetuada uma vez por mês: (i) passa-se uma proveta por água destilada, (ii) mede-se 50 ml da amostra para um goblet, (iii) adiciona-se 1 ml da solução ISA, um estabilizador iónico (AlSO_4^{2-} 0.9 M), (iv) coloca-se a solução obtida com um agitador no

interior, (v) Regista-se o valor medido pelo aparelho em cada uma das três repetições a efectuar, (vi) faz-se uma média dos três valores obtidos em cada repetição. Os valores assim medidos encontram-se no Anexo 8.



Fig. 4.4 – Potenciómetro CRISON GLP22 utilizado para as medições de nitratos na solução do solo.

Bibliografia consultada a respeito dos métodos utilizados:

LNEC/NAS (2007). Projeto Gabardine: Caracterização de amostras de solos recolhidas na área de estudo da campina de faro. Lisboa, Proc. 0607/17/15405.

LNEC/NAS (2012). Agua, ecossistemas aquáticos e atividade humana. Projeto PROWATERMAN. Nota técnica: ensaios laboratoriais em amostras de solo para a caracterização de parâmetros hidráulicos e de transporte de solutos. Lisboa, Proc. 0607/14/17372.

ANEXO 5

CÁLCULOS DA REGA E DA FERTILIZAÇÃO NAS HORTAS CASOS DE ESTUDO

Rega

Quadro 5.1 – Calculo da dotação de rega aplicado na Horta Ajuda_Bio

Ajuda biológica				
Método: alagamento por mangueira				
Área da parcela	170	m ²		
Caudal	1.00	L s ⁻¹		
Estação do ano	P	V	O	I
Frequência semanal	2	3	2	1
Tempo de rega (h)	0.5	0.5	0.35	0.35
Dotação por rega (mm)	10.6	10.6	7.4	7.4
Dotação semanal (mm)	21.2	31.8	14.8	7.4
Dotação média diária (mm)	3.0	4.5	2.1	1.1

P - primavera, V – verão, O - outono, I – inverno.

Quadro 5.2 – Calculo da dotação de rega aplicado na Horta Ajuda_Conv

Ajuda Convencional				
Método: alagamento por "balde"				
Área da parcela	100	m ²		
Volume do balde	100	L		
Nº baldes por rega	4			
Dotação por rega	4	mm		
Estação do ano	P	V	O	I
Frequência semanal	2	4	3	2
Dotação semanal (mm)	8	16	12	8
Dotação média diária (mm)	1.1	2.3	1.7	1.1

P - primavera, V – verão, O - outono, I – inverno.

Quadro 5.3 – Calculo da dotação de rega aplicado na Horta Granja_Bio

Granja biológica				
Método: alagamento por mangueira				
Área da parcela	150	m ²		
Caudal	1	L s ⁻¹		
Estação do ano	P	V	O	I
Frequência semanal	3	4	2	2
Tempo de rega (h)	0.25	0.40	0.25	0.25
Dotação por rega (mm)	6.0	9.6	6.0	6.0
Dotação semanal (mm)	18.0	38.4	12.0	12.0
Dotação média diária (mm)	2.6	5.5	1.7	1.7

P - primavera, V – verão, O - outono, I – inverno.

Quadro 5.4 – Calculo da dotação de rega aplicado na Horta Granja_Conv

Granja convencional				
Método: alagamento por "balde"				
Área da parcela	50	m ²		
Volume do balde	15	L		
Nº baldes por rega	30			
Dotação/regação:	9	mm		
Estação do ano	P	V	O	I
Frequência semanal	3	4	3	2
Dotação semanal (mm)	27	36	27	18
Dotação média diária (mm)	3.9	5.1	3.9	2.6

P - primavera, V – verão, O - outono, I – inverno.

Fertilização

Quadro 5.5 – Características do material animal e vegetal componentes da fertilização orgânica aplicada nas hortas casos de estudo

	ρ (Kg m ⁻³)	% água*	%C**	%N**	C/N*
Cavalo	950	72	43	1.6	27
Galinha	550	53	52	5.4	9.6
Ovelha	1000	69	39	2.7	14
Vegetal	946.5	87	35	3.2	10.9
Alimentos	1000	69	37	2.5	14.8

* em volume

** em massa seca

Quadro 5.6 – Características dos adubos químicos aplicados nas hortas casos de estudo

	ρ (Kg m ⁻³)	% N	% NO ₃ -N	% NH ₄ -N
Nitrolusal	900	20.5	50	50
Foskamónio	900	15	2.5	12.5
Bengreen	900	12	6.5	5.5

Quadro 5.7 – Cálculos da fertilização orgânica aplicada na Horta Ajuda_Bio

Produto	Cavalo	1	(kg m ⁻²)
	Galinha	2.5	(kg m ⁻²)
	Ovelha	2.5	(kg m ⁻²)

	Massa	Volume	Massa de água	Massa seca	Massa C	Massa N	
ESTRUME	(kg ha ⁻¹)	(m3 ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	
Cavalo	10000	11	7579	2421	1041	39	
Galinha	25000	45	24091	909	473	49	
Ovelha	25000	25	17250	7750	3023	209	C/N
composto	60000	81	48920	11080	4536	297	13.2

Quadro 5.8 – Cálculos da fertilização orgânica aplicada na Horta Ajuda_Conv

Produtos	Comp Galinha + Ovelha	2	(kg m ⁻²)
	Estrume cavalo	0.5	(kg m ⁻²)
	Composto vegetal	0.5	(kg m ⁻²)
	Nitrolusal 20,5	0.05000	(kg m ⁻²)

	Massa	Volume	Massa de água	Massa seca	Massa C	Massa N	
ESTRUME	(kg ha ⁻¹)	(m3 ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	
Galinha	10000	18	9636	364	189	20	
Ovelha	10000	10	6900	3100	1209	84	C/N
composto	20000	28	16536	3464	1398	103	11
Cavalo	5000	5	3789	1211	521	19	27
Vegetal	5000	5	4596	404	141	13	10.9
Total	30000	39	24922	5078	2060	136	13

Quadro 5.9 – Cálculos da fertilização química aplicada na Horta Ajuda_Conv

	Quant aplic	Massa	Massa N	Massa NO ₃ -N	Massa NH ₄ -N
Adubo	(kg m ⁻²)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Nitrolusal	0.05000	500	103	51	51

Quadro 5.10 – Cálculos da fertilização orgânica aplicada na Horta Granja_Bio

Produtos	Estrume cav+ov+gal	2	(kg m ⁻² ano ⁻¹)
	Composto vegetal + Alim	2	(kg m ⁻² ano ⁻¹)

	Massa	Volume	Massa de água	Massa seca	C	N	C/N
ESTRUME	(kg ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	
Cavalo	6667	7	5053	1614	694	26	27
Galinha	6667	12	6424	242	126	13	
Ovelha	6667	7	4600	2067	806	56	
composto_1	20000	26	16077	3923	1626	95	15.5
Vegetal	10000	11	9192	808	283	26	
Alimentar	10000	10	6900	3100	1147	78	
composto_2	20000	21	16092	3908	1430	103	12.8
Total	40000	46	32169	7831	3056	198	14.3

Quadro 5.11 – Cálculos da fertilização orgânica aplicada na Horta Granja_Conv

Produtos	Estrume cavalo	1	(kg m ⁻² ano ⁻¹)
	Composto vegetal + Alim	1	(kg m ⁻² ano ⁻¹)

	Massa	Volume	Massa de água	Massa seca	C	N	C:N
ESTRUME	(kg ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	
Cavalo	10000	11	7579	2421	1041	39	27
Vegetal	5000	5	4596	404	141	13	10.9
Alimentar	5000	5	3450	1550	574	39	14
composto	10000	10	8046	1954	715	52	
Total	20000	21	15625	4375	1756	90	20.0

Quadro 5.12 – Cálculos da fertilização química aplicada na Horta Granja_Conv

	Quantidade aplicada		N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
Adubo	(kg m ⁻²)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Foskamónio	0.10000	1000	150	25	125

Quadro 5.13 – Cálculos da fertilização orgânica aplicada apenas na parcela TL, nas Hortas do LNEC

Produtos	Estrume cavalo	1.89	(kg m ⁻² ao ano)
----------	----------------	------	-----------------------------

	Massa	Volume	Massa de água	Massa seca	C	N	C/N
ESTRUME	(kg ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	
Cavalo	18900	20	14324	4576	1968	73	27

Quadro 5.14 – Cálculos da fertilização química aplicada em ambas as parcelas nas Hortas do LNEC, para o período de Primavera/Verão (10.a) e Outono/Inverno (10.b)

10.a) Primavera/verão

	Quantidade aplicada		N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
Adubo	(kg m ⁻²)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Bengreen	0.03	300	36	20	17

10.b) Outono/inverno

	Quantidade aplicada		N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
Adubo	(kg m ⁻²)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Bengreen	0.01500	150	18	10	8

ANEXO 6. MINERALIZAÇÃO E IMOBILIZAÇÃO DOS DIFERENTES ESTRUMES APLICADOS NAS HORTAS CASOS DE ESTUDO

Quadro 6.1- Mineralização, imobilização e relativas taxas, do composto orgânico aplicado na Horta Ajuda_Bio

Quantidade:	60.0	ton ha ⁻¹			
C/N	13.2				
Cultura	Período dias	Min kg ha ⁻¹	Imob kg ha ⁻¹	Taxas (kg h ⁻¹ d ⁻¹)	
				Min	Imob
Couve	83	524.5	43.0	6.3	0.5
Abóbora	110	495.3	0.0	4.5	0.0
Alface	70	155.5	0.0	2.2	0.0
Alface	70	102.2	0.0	1.5	0.0
Média	333	1277.5	43.0	3.6	0.1
Kg de N por tonelada de estrume				20.1	0.7

Quadro 6.2- Mineralização, imobilização e relativas taxas, do composto orgânico aplicado na Horta Ajuda_Conv

Quantidade:	30.0	ton ha ⁻¹			
C/N	13.0				
Cultura	Período dias	Min kg ha ⁻¹	Imob kg ha ⁻¹	Taxas (kg h ⁻¹ d ⁻¹)	
				Min	Imob
Batata	74	200.0	50.0	2.7	0.7
Beringela	107	309.0	0.0	2.9	0.0
Alface	60	52.0	0.0	0.9	0.0
Espinafre	120	59.0	0.0	0.5	0.0
Média	361	620.0	50.0	1.7	0.2
Kg de N por tonelada de estrume				20.9	2.0

Quadro 6.3- Mineralização, imobilização e relativas taxas, do composto orgânico aplicado na Horta Granja_Bio

Quantidade:	40.0	ton ha ⁻¹			
C/N	14.3				
Cultura	Período dias	Min kg ha ⁻¹	Imob kg ha ⁻¹	Taxas (kg h ⁻¹ d ⁻¹)	
				Min	Imob
Aboborinha	74	178.0	40.0	2.4	0.5
Tomate	107	405.0	0.0	3.8	0.0
Alface	60	77.0	0.0	1.3	0.0
Couve	120	120.0	0.0	1.0	0.0
Média	361	780.0	40.0	2.1	0.1
Kg de N por tonelada de estrume				19.1	1.2

Quadro 6.4- Mineralização, imobilização e relativas taxas, do composto orgânico aplicado na Horta Granja_Conv

Quantidade: 20.0 ton ha⁻¹

C/N 20.0

Cultura	Período dias	Min kg ha ⁻¹	Imob kg ha ⁻¹	Taxas (kg h ⁻¹ d ⁻¹)	
				Min	Imob
Tomate	90	38.6	47.0	0.4	0.5
Abóbora	120	89.6	1.7	0.7	0.0
Fava	150	53.8	0.5	0.4	0.0
Média	360	182.0	49.2	0.5	0.2
Kg de N por tonelada de estrume				9.2	3.2

ANEXO 7

LISTA DAS CULTURAS PARAMETRIZADAS NO RZWQM

Abóbora - *Cucúrbita moschata*

Aboborinha - *Cucurbita pepo* L.

Alface - *Lactuca sativa*

Batata - *Solanum tuberosum*

Beringela - *Solanum melongena* L.

Couve - *Brassica oleracea*

Espinafre - *Spinacia oleracea*

Fava - *Vicia faba*

Tomate - *Lycopersicon esculentum*

ANEXO 8. DADOS OBSERVADOS DE NO_3^- NA SOLUÇÃO DO SOLO DO CAMPUS DO LNEC

Quadro 8.1 - Dados observados de NO_3^- na solução do solo do campus do LNEC, para o período 31/05/12 a 06/07/12.

Local	Data recolha	NO_3^- (mg L ⁻¹)			Média
		1	2	3	
0-30 cm	31-05-2012	49.51	48.66	47.93	48.70
0-60 cm	31-05-2012	4.31	4.49	4.57	4.46
0-30 cm	11-06-2012	150.38	147.98	143.62	147.33
0-60 cm	11-06-2012	5.78	5.92	5.18	5.63
0-30 cm	22-06-2012	112.95	114.73	112.95	113.54
0-60 cm	22-06-2012	5.96	5.9	5.9	5.92
0-30 cm	29-06-2012	68.35	65.34	71.18	68.29
0-60 cm	29-06-2012	4.82	4.6	4.78	4.73
0-30 cm	06-07-2012	54.94	50.33	48.33	51.20
0-60 cm	06-07-2012	4.21	4.33	4.96	4.50

Quadro 8.2 - Dados observados de NO_3^- na solução do solo do campus do LNEC, para o período 15/11/12 a 14/2/13

Local	Data recolha	Vol.(mL)	NO_3^- (mg L ⁻¹)				Média
			1	2	3	4	
0-30 cm	15.11.12	50	2.50	2.74	2.75	2.77	2.69
0-60 cm		30	2.81	3.16	3.50	3.35	3.21
0-30 cm	22.11.12	35	61.24	61.72	62.34	-	61.77
0-60 cm		70	8.76	8.79	9.00	-	8.85
0-30 cm	29.11.12	35	85.05	86.29	86.56	-	85.97
0-60 cm		250	10.44	10.79	11.07	-	10.77
0-30 cm	7.12.12	86	19.18	19.15	19.37		19.23
0-60 cm		250	2.50	2.59	2.64		2.58
0-30 cm	13.12.12	168	44.41	42.05	40.40	39.71	41.64
0-60 cm		173	9.65	10.28	10.51	10.64	10.27
0-30 cm	20.12.12	44	12.70	12.44	12.32	12.45	12.48
0-60 cm		210	10.43	9.96	9.57	9.52	9.87
0-30 cm	28.12.12	50	2.66	2.58	2.53	2.49	2.57
0-60 cm		170	5.64	5.86	6.03	6.23	5.94
0-30 cm	3.1.13	144	15.83	16.10	16.16	16.27	16.09
0-60 cm		50	3.55	2.89	2.61	2.47	2.88
0-30 cm	10.1.13	36	14.72	9.67	9.87	10.12	11.10
0-60 cm		147	4.41	4.10	4.75	4.37	4.41
0-30 cm	16.1.13	13	6.13	6.67	6.70	6.71	6.55
0-60 cm		136	7.98	8.40	8.83	8.70	8.48
0-30 cm	24.1.13	68	5.35	6.28	6.39	6.55	6.14
0-60 cm		244	10.81	11.35	11.50	11.74	11.35
0-30 cm	31.1.13	74	8.64	8.56	8.78	8.89	8.72
0-60 cm		153	6.12	6.52	6.62	6.67	6.48
0-30 cm	7.2.13	28	-	-	-	-	-
0-60 cm		119	9.88	10.44	10.44	10.48	10.31
0-30 cm	14.2.13	23	5.79	6.02	6.12	6.10	6.01
0-60 cm		128	16.73	18.22	18.87	19.51	18.33